This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

MÉMOIRES

SUR

LES DÉVELOPPEMENTS

DES

VÉGÉTAUX

PAR M. PAYEN,

MEMBRE DE L'INSTITUT, ETC.

Avec 16 Planches.

PARIS.

CHEZ FORTIN, MASSON ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS,

1, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE.

MÊME MAISON, CHEZ L. MICHEL.

1844.

Hist. Nat. 100.

H. N. 100

MÉMOIRES

SUR LES DÉVELOPPEMENTS

DES VÉGÉTAUX

EXTRAIT DES MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES,

TOME VIII DES SAVANTS ÉTRANGERS.

MÉMOIRES

SUR LES DÉVELOPPEMENTS

DES VÉGÉTAUX

PAR M. PAYEN

PARIS

IMPRIMERIE ROYALE

—

MDCCCXLII

B
G

MÉMOIRE

SUR

LA COMPOSITION CHIMIQUE DES VÉGÉTAUX.

PREMIÈRE PARTIE.

COMPOSITION DES RADICELLES.

En 1833, M. Silvestre fils avait constaté le dépérissement de plusieurs arbres transplantés dans un sol contenant les débris désagrégés de chênes abattus. Cette observation me conduisit à étudier l'action directe du tanin sur les racines des plantes.

J'ai reconnu que le tanin contracte la substance amylacée, empêche ou détruit sa coloration bleue par l'iode, s'oppose à l'action de la diastase. On sait d'ailleurs qu'il précipite plusieurs substances organiques azotées, et s'unit au tissu cutané des animaux; que son altération spontanée, en présence de l'eau, donne lieu à une abondante production d'acide gallique.

Le tanin, doué d'une action énergique sur divers produits des animaux et des végétaux, pouvait probablement exercer une influence spéciale très-marquée sur les premiers phénomènes de la germination et sur le développement ultérieur des plantes.

Afin d'observer cette influence isolée, je plaçai des graines de blé, de seigle, d'orge, d'avoine et de maïs, comparativement en contact avec de l'eau pure aérée et avec une solution contenant 0,001 de son poids de tanin pur, préparé par la méthode de M. Pelouze.

Dans l'eau aérée, la germination de toutes les semences eut lieu; de nombreuses radicelles blanches et des tiges blanchâtres, puis vertes, se développèrent graduellement.

Dans la solution à 0,001 de tanin, toutes les radicelles prirent peu à peu, vers l'extrémité d'abord, une teinte brune, et se développèrent à peine; les gemmules blanchâtres ne se transformèrent pas en tiges et feuilles vertes; il y avait donc un obstacle fortement marqué à tout développement ultérieur.

Lorsque la faible proportion de tanin libre disparut par suite de sa réaction sur le gluten, l'albumine, l'amidon, etc. des fruits, de nouvelles radicelles se développèrent et restèrent blanches, tandis que les premières radicelles, très-courtes et brunies, n'avaient pris aucun accroissement, ce qui démontrait l'altération des tissus, notamment dans leurs parties terminales; cependant la vie ne s'était pas éteinte dans toutes les parties de l'embryon, car le développement de la gemmule en une tige verte eut alors lieu et suivit les progrès des nouvelles radicelles. Il en fut de même pour plusieurs des plantules transportées dans l'eau pure après la réaction du tanin : la plupart poussèrent des radicelles latérales qui fournirent au développement de la gemmule; mais, dans aucun cas, les bouts altérés ne s'allongèrent.

Voulant observer l'influence d'une aussi faible solution de tanin sur une végétation plus active et plus avancée, j'y transportai plusieurs plantules de blé développées dans l'eau distillée, et dont les racines et les tiges avaient de trois à cinq centimètres de longueur, laissant végéter comparativement les autres jeunes plantes dans l'eau. Pendant deux jours les effets différèrent peu sensiblement; mais ensuite, dans la solution de tanin, les racines prirent une teinte brunâtre, toujours plus foncée sur les

extrémités spongieuses où l'altération s'était d'abord manifestée; peu à peu la nuance brune se communiqua au liquide, par suite de la dispersion d'une partie du produit brun de la réaction du tanin. Le développement des racines s'arrêta, et celui des tiges se ralentit tellement, qu'au bout de dix jours leur longueur était à peu près de moitié moindre que celle acquise dans l'eau simple par des plantules semblables.

Dans une solution incolore contenant 0,002 de tanin pur, les bouts des radicelles de blé furent sensiblement brunis au bout de vingt-quatre heures, à la température de 15 à 17°.

En examinant sous le microscope les racines dont le développement avait été arrêté par le tanin, j'ai reconnu que leurs extrémités surtout étaient opaques et engorgées; que, dans les parties plus anciennement développées, l'opacité moindre se concentrant dans le tissu vasculaire, laissait apercevoir l'organisation normale dans le tissu cellulaire, et surtout près de l'axe.

Les racines des graminées à l'état normal, fraîches et diaphanes, montraient sur le porte-objet toutes les lignes de leur organisation, graduellement plus forte, en remontant des extrémités les plus jeunes jusque vers la tige.

Je crus devoir étendre les essais qui précèdent à d'autres plantes, et varier les observations de la manière suivante :

Des graines germées d'ébénier, de sycomore et de sureau furent implantées dans une solution contenant 0,001 de tanin pur, et comparativement dans de l'eau distillée.

La solution de tanin incolore prit une teinte fauve graduellement plus foncée; les radicelles offrirent peu à peu des nuances irrégulièrement brunes, qui devinrent enfin continues et très-foncées; elles n'avaient d'ailleurs rien gagné en longueur au bout d'un mois; aucune radicelle latérale ne s'était montrée : des flocons bruns amorphes remplaçaient autour d'elles leurs légères fibrilles.

Dans l'eau pure, au contraire, des radicelles blanches s'étaient

régulièrement développées, et les feuilles avaient une étendue de cinq à six fois plus grandes que celles venues sous l'influence du tanin.

De petites plantes de maïs venues dans l'eau, et dont les racines et les feuilles avaient de 3 à 5 centimètres de longueur, mises dans la solution de tanin à 0,001, ne poussèrent pendant un mois aucune radicelle; les anciennes racines, de plus en plus rembrunies, ne prirent plus d'accroissement; les feuilles ne poussèrent que très-lentement, et leurs extrémités se desséchèrent peu à peu; l'humidité ayant permis la formation de quelques radicelles latérales au-dessus du liquide, dès que leurs bouts vinrent en contact avec celui-ci ils furent brunis, rendus opaques, leur croissance s'arrêta, la partie au-dessus de la solution resta seule blanche; les plantes de maïs laissées comparativement dans l'eau avaient alors de 22 à 27 centimètres de longueur, leurs racines et radicelles blanches étaient au moins quadruplées de volume.

Ces différentes radicelles furent placées sur le porte-objet du microscope après avoir été coupées, soit en disques par un plan perpendiculaire à l'axe, soit en lames minces par un plan passant dans l'axe.

Les disques des racines blanches non altérées par le tanin laissaient apercevoir en lignes légères toutes les cellules diaphanes jusqu'à leur circonférence ultime, tandis que dans les disques des racines altérées les lignes de l'organisation étaient rembrunies et les cellules oblitérées, près de la circonférence comme autour du tissu vasculaire, offrant dans ces parties l'aspect d'un magma brun opaque.

Une coupe dans l'axe rendait compte du phénomène sous un autre point de vue: les racines attaquées par la solution de tanin offraient, vers leurs bords oblitérés et dans le tissu vasculaire, une bouche brune, opaque, occupant presque toute la section dans les bouts qui, avant l'action du tanin, offraient, au contraire, leur organisation en lignes faiblement tracés.

Il paraissait donc évident que la réaction énergique du tanin, en attaquant ainsi les bouts formés récemment, en entravant d'ailleurs, par l'oblitération d'une couche continue, près de la superficie et dans le tissu vasculaire interne, la communication, entre les diverses parties des racines et les tiges, avait dû arrêter le développement des unes, ralentir considérablement celui des autres, enfin rendre tout le système incapable de résister alors aux influences extérieures ordinaires. En effet, les plantules dont les racines avaient été attaquées par le tanin, et qu'on essaya de transplanter dans une bonne terre humide, se fanèrent et périrent bientôt, tandis que celles dont la végétation s'était soutenue par l'eau seule reprirent dans les mêmes circonstances, et purent continuer leur végétation.

On pouvait supposer que les plantes qui contiennent abondamment, dans plusieurs parties, des principes immédiats doués d'une certaine énergie sur divers agents, présenteraient des radicelles d'une composition différente et capable de résister à l'action du tanin. Au nombre des plantes sur lesquelles j'ai opéré dans la vue de lever ce doute, je citerai celles qui suivent, et dont les graines offrirent aussi, dans leur germination sous la même influence, les phénomènes précédemment décrits; leurs applications dans les arts industriels ou pharmaceutiques démontrent chez elles d'abondantes sécrétions de substances grasses ou mucilagineuses.

PAPAVÉRACÉES. . . .	L'œillette (*papaver somniferum*), cultivé pour l'huile qu'on extrait de ses graines.
	Le pavot (*id.*); plusieurs variétés des jardins.
CRUCIFÈRES.	Le colza (*brassica oleracea arvensis*), dont la graine oléagineuse donne lieu à de grandes exploitations rurales.
	Les choux et choux-fleurs; variétés des jardins potagers.
	La cameline (*myagrum sativum*); cultivée pour son huile.

LINÉES.....	Le lin (*linum usitatissimum*), dont on utilise les fibres textiles de la tige, l'huile, le mucilage et la matière azotée de la graine.
URTICÉES.....	Le chanvre (*cannabis sativa*); cultivé en grand pour les fibres textiles de sa tige et pour ses graines *oléagineuses*.
	La pariétaire (*parietaria officinalis*).
SYNANTHÉRÉES...	L'*helianthus, annuus* dont les graines contiennent de l'huile en fortes proportions.
MALVACÉES.....	La mauve (*malva sylvestris*) et ses variétés, dont toutes les parties renferment un mucilage abondant.
GÉRANIÉES.....	*Geranium;* plusieurs variétés des jardins.
POLYGONÉES.....	Persicaire (*polygonum persicaria*).
CONVOLVULACÉES..	Liseron des haies (*convolvulus sepium*).
CUCURBITACÉES...	Melon (*cucumis melo*).
SOLANÉES.....	Les mêmes résultats ont encore été obtenus en opérant sur plusieurs espèces de solanées et d'asparaginées.
ASPARAGINÉES....	

L'influence de l'oblitération produite par le tanin sur les racines de toutes ces plantes se fait sentir aux feuilles et aux tiges, qui se fanent et se dessèchent d'autant plus promptement qu'elles sont plus jeunes, que leur tissu plus lâche est moins résistant, et que la température atmosphérique est plus élevée : ainsi l'effet fut si rapide sur plusieurs liliacées dont les racines seules étaient plongées dans la solution de tanin, que toutes leurs parties vertes furent flétries au bout de quatre jours (la température étant de 20 à 22°)[1], tandis que les feuilles de plu-

[1] Relativement à plusieurs liliacées, l'altération a lieu sans que le liquide se colore très-sensiblement; le tissu aggloméré est obstrué dans les bouts spongieux, sa nuance devient grisâtre plus foncée et plus opaque que dans tout le reste de la longueur des radicelles.

sieurs arbres étaient à peine sensiblement fanées au bout de dix jours, toutes circonstances égales d'ailleurs et quoique leurs racines fussent déjà fortement colorées en brun.

Les altérations ont toujours commencé par le tissu des extrémités des radicelles et des fibrilles latérales. Les parties s'oblitèrent peu à peu et se désagrégent en flocons amorphes de plus en plus opaques; tout le liquide prend ainsi une teinte fauve graduellement plus foncée. Au milieu et à la superficie de toutes ces solutions à 0,001 de tanin, sur les graines ou les racines en contact avec elles ou même à la partie inférieure des tiges, se développent d'abondantes moisissures.

En rapprochant mes observations antérieures relatives au développement des racines sous l'influence des engrais azotés, de l'analogie entre l'action du tanin sur le tissu des animaux et sur les *spongioles* des radicelles, je fus conduit à penser que ces parties, le plus récemment organisées, dont la production marche en avant de toutes les radicelles, pourraient contenir les plus fortes proportions d'azote.

Afin de vérifier cette conjecture, je séparai avec soin des radicules, des radicelles et même des fibrilles radicellaires, les bouts spongieux, dans une étendue égale à celle qui avait été marquée dans les premiers essais par la première et la plus forte action du tanin, c'est-à-dire de deux à trois fois leur diamètre.

Les *spongioles*, isolées dans ces trois circonstances et séparément décomposées par la chaleur, dégagèrent les produits gazeux de la décomposition des matières animales; un papier de tournesol rougi était ramené au bleu dès les premiers moments de la réaction; d'autres réactifs constatèrent la présence des vapeurs ammoniacales dans les produits gazeux.

Les radicelles privées de leurs jeunes extrémités, et même leur couche corticale et leur partie cylindrique intérieure séparément essayées, dégagèrent des vapeurs dont la réaction fut, au contraire, constamment acide à partir d'une distance plus ou moins rapprochée du bout excisé, et de plus en plus

acide en s'éloignant davantage et se rapprochant ainsi de la tige.

Les mêmes résultats ont été obtenus avec les plantes dicotylédones et monocotylédones des diverses familles sur lesquelles j'avais précédemment observé l'action du tanin, et qui comprenaient des arbres et arbustes de différents âges, ainsi que des végétaux herbacés.

Il me parut probable que les extrémités radicellaires d'une texture si délicate, contenant une substance azotée abondante et si altérable, devaient, dans les circonstances naturelles, être mises à l'abri des divers principes immédiats, actifs, sécrétés dans certains vaisseaux des tiges et des racines de plusieurs plantes, et qu'ainsi seulement l'uniformité de texture et de composition pouvait être expliquée dans les spongioles de toutes les radicelles.

Une double expérience pouvait donner à ces présomptions le caractère d'une certitude complète.

Plusieurs plantes de la famille des rosacées offrent, dans leurs feuilles, leurs tiges et leurs racines, une abondante production de tanin; il importait donc de constater :

1° Si ce principe avait sur les spongioles de ces plantes, comme sur celles de tant d'autres, une action délétère ;

2° Si les extrémités des radicelles des mêmes plantes étaient, aussi, azotées au point de donner directement des vapeurs ammoniacales.

A cet effet, de jeunes plantes de fraisiers furent implantées dans la solution de tanin ; bientôt les bouts spongieux de leurs radicelles furent brunis et oblitérés [1].

Les *spongioles* enlevées sur d'autres individus, et immédiatement décomposées par la chaleur, ont fait virer au bleu le papier de tournesol, tandis que la décomposition des radicelles, privées de leurs bouts spongieux, ramenait au rouge le tournesol bleui.

[1] Sous le microscope l'altération paraissait en tout semblable à celle précédemment observée.

C'est donc une propriété générale appartenant à toutes les plantes précitées, que la présence et les fortes proportions de la matière azotée dans les spongioles de leurs radicelles.

Ces plantes ont encore présenté les mêmes phénomènes, après que leurs racines eurent été en quelque sorte purifiées par une immersion de plusieurs jours dans l'eau, et sous l'influence de la végétation qui, exhalant dans l'air, par les parties vertes de la plante, une quantité d'eau égale à un grand nombre de fois le volume des radicelles, avait dû renouveler dans celle-ci une quantité correspondante de liquide et débarrasser leurs extrémités, surtout, des principes solubles.

Les observations qui précèdent ont été étendues aux radicelles développées au-dessus du sol, non en contact avec lui, et même aux radicelles aériennes de plusieurs familles; je citerai, parmi ces deux dernières sortes, celles des plantes suivantes, que MM. les professeurs du Jardin du Roi ont bien voulu mettre à ma disposition :

PALMIERS	*Areca rubra.*
	Dattier (phenix dactylifera).
PIPÉRACÉES	*Piper betel.*
VITIFÈRES	*Cissus.*
ORCHIDÉES	*Epidendrum elongatum.*
	Vanilla aromatica.
AROÏDÉES	*Dracontium pertusum.*
	Caladium pinnatifidum.
	Pothos crassinervia.
	Pothos digitata.
	Pothos lanceolata.

La dimension assez forte de deux radicelles de l'*areca rubra* me permit d'essayer séparément, en opérant des excisions successives :

1° L'extrémité de chaque radicelle, sous une épaisseur égale au quart du diamètre du corps cylindrique de la radicelle;

2° Le corps cylindrique (que recouvrait la portion terminale ci-dessus) coupé sur une longueur d'une fois et demie le diamètre;

3° La partie cylindrique immédiatement au-dessus, coupée sur une longueur égale à la précédente.

Les deux premières portions contenaient assez d'azote pour donner immédiatement des vapeurs ammoniacales, tandis que la troisième donna directement des vapeurs à réaction très-acide.

Dans plusieurs des radicelles, plus charnues, moins ligneuses et à formes plus allongées que les précédentes, notamment celles de plusieurs pothos, la partie fortement azotée avait beaucoup plus d'étendue.

Ces radicelles offrent, au milieu, un tissu vasculaire tenace, très-mince, enveloppé d'un tissu cellulaire très-épais. Toutes les parties de ce dernier, avec leurs enveloppes extérieures, jusques au delà d'une longueur de cinquante fois le diamètre de la radicelle, donnent, dans leur décomposition, des vapeurs ammoniacales.

Afin de rechercher si le tissu vasculaire central n'offrirait pas quelque différence dans sa composition, en raison de la matière *ligneuse* interposée, je l'essayai séparément, et je trouvai que, depuis huit fois environ le diamètre de la radicelle, à partir du bout arrondi jusques à une longueur de vingt fois le même diamètre et au delà, ce tissu résistant donnait directement des vapeurs acides par sa décomposition.

Le même examen comparé fut fait sur des portions de la radicelle d'un dattier, coupée par un plan perpendiculaire à l'axe:

1° Le bout arrondi;

2° Le tissu cellulaire et les tissus enveloppant dans une étendue égale au diamètre;

3° Le même dans une égale étendue;

4° Le même sur une longueur égale;

5° Le même encore sur une même étendue.

Le bout arrondi et les trois parties suivantes donnèrent di-

rectement des vapeurs ammoniacales, tandis que la quatrième donna des vapeurs fortement acides.

Le tissu vasculaire du centre, essayé comparativement, donna pour les portions correspondantes, dans les deux premières parties, des vapeurs alcalines; dans la troisième et au-dessus, des vapeurs acides.

Il paraît donc bien évident que toutes les radicelles des plantes phanérogames admettent dans leurs extrémités spongieuses une assez forte proportion de substance azotée, pour donner directement des vapeurs ammoniacales par leur décomposition.

Cette propriété paraît d'autant plus générale, qu'elle appartient non-seulement aux radicelles nées souterraines, mais encore aux radicelles nées hors de terre ou destinées à vivre dans l'air, et qu'enfin elle résiste à l'effet d'un lavage puissant opéré sous l'influence même de l'action végétative, et se rencontre encore dans les radicelles des plantes aquatiques;

Qu'ainsi les extrémités des radicelles, qui, à la fois, se développent ou se prolongent le plus, et servent à infiltrer la plus grande partie des aliments puisés dans le sol par des plantes, admettent dans leur composition de très-fortes proportions de matière azotée.

Cette matière est comprise dans un tissu spongieux, perméable, formant un faisceau de cellules qui, divergeant dans les radicelles, vont se réunir sur deux couches concentriques, l'une autour de la partie médullaire, l'autre autour du tissu cellulaire et près de l'épiderme.

Le faisceau communique donc directement avec le tissu vasculaire par lequel s'introduisent et se répartissent le plus abondamment les liquides dans l'étendue des radicelles, puis successivement dans toute l'étendue de la plante.

Afin de rechercher si la substance azotée[1], déjà indiquée

[1] Le caractère résultant de la production directe des vapeurs ammoniacales par la décomposition ne souffre aucune exception dans les nombreuses espèces des différentes familles des

dans cette direction par la réaction spéciale du tanin, serait décelée par un autre agent, j'essayai le proto-nitrate de mercure.

Des tranches de radicelles de maïs excessivement minces, coupées, soit dans l'axe, soit perpendiculairement à l'axe, et plongées dans la solution de ce sel, se teignirent, au bout de quelques minutes, en rose, puis en rouge, dans toutes leurs parties occupées par la substance azotée; les spongioles montraient un faisceau serré de faibles cellules allongées, rouges, convergentes au bout, qui, en se prolongeant, divergeaient dans le tissu vasculaire, laissant de moins en moins colorés, puis presque incolores, le conduit médullaire et le tissu cellulaire.

On voit que ce réactif donnait les mêmes indications que le tanin, mais d'une manière plus nette, les tissus restant diaphanes et non désagrégés.

D'ailleurs, dans diverses autres radicelles, le système vasculaire fut toujours coloré en rouge par le même réactif, et, à l'extrémité, le tissu des spongioles fut toujours entièrement rougi [1].

Une question importante restait encore à décider : la substance azotée constituait-elle seule une partie des tissus, surtout dans les extrémités spongieuses où sa proportion est constamment plus forte? était-elle seulement annexée et très-adhérente aux parties, où j'avais observé sa présence et sa continuité dans toute l'étendue des racines?

Il me sembla que, pour résoudre cette question, il fallait em-

plantes monocotylédones et dicotylédones; mais l'étendue des parties douées de cette propriété varie suivant que, dans les différentes plantes, la matière de consistance ligneuse prédomine plus ou moins : elle varie aussi dans une même plante suivant que le développement des radicelles a été plus ou moins rapide. La présence de la matière azotée est démontrée d'ailleurs par le dégagement de l'ammoniaque, lorsqu'on chauffe toutes les parties des radicelles avec de la potasse hydratée.

[1] La réaction du nitrate de mercure sur la substance azotée est quelquefois modifiée par des corps étrangers, notamment dans le tissu cellulaire verdâtre des radicelles de plusieurs *pothos* : le tissu devient brun par le même réactif qui colore en rouge le tissu vasculaire naturellement incolore.

ployer un réactif capable de dissoudre la substance azotée, sans attaquer sensiblement les faibles membranes des tissus.

La macération dans l'eau, à la température de 20 à 25°, donna lieu à la fermentation de la substance azotée; mais elle rendit le reste du tissu trop facile à désagréger pour être bien observé.

L'action de l'eau bouillante rendit blanche et opaque la matière azotée, dans les parties où le tanin et le proto-nitrate avaient décelé sa présence; vue au microscope, cette réaction offre un des moyens les plus simples de reconnaître la substance azotée adhérente aux parois des tissus.

Je supposai alors que, sous l'influence de la végétation, je pourrais faire absorber aux racines une solution capable de dissoudre la substance azotée, sans attaquer sensiblement la portion non azotée; à cet effet, plusieurs plantes, et notamment des asperges et des maïs, ayant deux mois de croissance dans un bon terrain, furent arrachées, puis implantées dans de l'eau pure, afin d'opérer un lavage par infiltration, au travers de toutes les parties des racines.

Au bout de cinq jours, l'eau distillée fut remplacée par une solution saturée de potasse, étendue de cinq cents fois son poids d'eau.

Peu à peu l'extrémité des radicelles devint sensiblement plus transparente. Cet effet se propagea de proche en proche.

Au bout de six jours, pendant lesquels on avait renouvelé deux fois le liquide dissolvant, celui-ci fut remplacé par de l'eau, deux fois aussi renouvelée pendant deux jours; alors toutes les radicelles, sur une longueur qui, dans l'état normal, donnait directement des vapeurs ammoniacales, furent égouttées entre des feuilles de papier à filtre, puis soumises à la décomposition par la chaleur : les produits présentèrent constamment une réaction acide.

Il était donc évident que la substance azotée enlevée par la potasse avait laissé un tissu léger d'une autre nature, ayant en

apparence la même forme, mais incapable de se développer, car aucune des radicelles ne s'était allongée depuis la dissolution de la substance azotée qui la rendait opaque.

Un doute important restait à éclaircir : la matière azotée formait-elle, avant l'action de la potasse, un tissu isolé, notamment dans les portions teintes en brun et oblitérées par le tanin, portions correspondantes à celles que le proto-nitrate de mercure colorait en rouge; ou étaient-elles seulement renfermées dans le tissu végétal?

J'essayai d'abord de couper en tranches minces les parties rendues transparentes; mais il me fut impossible d'éviter des déchirures notables.

Afin de parer à cet inconvénient, je coupai des tranches excessivement minces, soit perpendiculaires, soit parallèles à l'axe des radicelles, avant toute altération, puis je les laissai pendant plusieurs jours immergées dans une solution contenant cinq fois plus de potasse que pour les radicelles entières. Toutes ces tranches, vues au microscope, ne présentèrent aucune solution de continuité dans leur tissu; seulement on remarquait un amincissement prononcé des parois des cellules des spongioles, et des vaisseaux que marquent le tanin, l'eau bouillante et le proto-nitrate de mercure.

Craignant que la solution de potasse n'eût été trop faible pour dissoudre complétement la matière azotée, je répétai la même expérience en décuplant la dose de cet agent, c'est-à-dire en employant un liquide qui contenait 0,1 de solution saturée de potasse pure, et j'arrivai aux mêmes résultats, mais plus promptement.

Les tranches minces bien lavées à l'eau pure après l'action de la potasse, puis égouttées et immergées dans la solution de proto-nitrate de mercure, ne donnaient plus de coloration qui indiquât la présence de la matière azotée; celle-ci était donc enlevée, quoique son absence n'eût pas laissé de lacunes dans le tissu [1].

[1] L'augmentation de la transparence fut surtout remarquable dans le tissu vasculaire des

Toutes les réactions qui précèdent indiquent la présence de la matière azotée dans les racines, et démontrent aussi son prolongement sans solution de continuité dans la tige et aux points de jonction; on voit qu'elle suit les déviations des vaisseaux. Cette observation s'accorde d'ailleurs avec le fait de la prolongation, dans certaines circonstances, d'une portion du tissu des tiges en racines et réciproquement.

Cherchant enfin à constater si la matière azotée avait pu être empruntée pendant la végétation aux liquides introduits dans le système vasculaire, je recueillis ces derniers en plongeant dans l'eau les radicelles coupées en disques fort épais, puis filtrant; le liquide rapproché se troubla un peu; évaporé à siccité, le résidu donna directement, en effet, des vapeurs ammoniacales par sa torréfaction.

CONCLUSIONS.

Les conséquences suivantes découlent des faits exposés dans cette première partie :

1° Le tanin, même en très-faibles proportions, attaque énergiquement les *spongioles* des racines, les oblitère, les colore en brun et les rend opaques; cet effet les frappe de mort : il se propage lentement, dans le tissu vasculaire surtout, et peut tuer toute la plante.

2° Les mêmes parties que le tanin attaque le plus dans les radicelles sont, en général, colorées en rouge par une solution de proto-nitrate de mercure, savoir principalement : les spongioles dans toute l'épaisseur de leur tissu, et plus haut tout le système vasculaire.

3° Les spongioles des radicelles des plantes phanérogames, terrestres, aquatiques et aériennes, renferment assez de subs-

radicelles de plusieurs orchidées, dont les tranches présentaient sous le microscope, après la réaction de la potasse, toutes les lignes de leur organisation bien plus nettement dessinées et sans lacunes.

tance azotée pour donner directement des vapeurs ammoniacales lorsqu'on les décompose à l'aide de la chaleur.

4° La substance azotée s'étend dans toute la longueur des radicelles, en accompagnant le système vasculaire; sa proportion est diminuée par l'accroissement graduel du ligneux; elle pénètre en proportions variables, dans le tissu cellulaire [1].

5° La substance azotée, insoluble dans l'eau pure, ou très-peu soluble, même sous l'influence végétative, ne forme pas dans les radicelles un tissu à part, mais une partie semble adhérer aux parois des tissus précités.

6° Les spongioles la contiennent abondamment dans toutes leurs cellules, tandis qu'à une certaine distance de ces extrémités, la plus grande partie du tissu cellulaire, et surtout celui du conduit médullaire, n'en renferment que des traces.

7° Cette substance paraît essentielle à la vie des plantes; sa forte proportion dans les extrémités des radicelles et dans les sucs de leurs vaisseaux peut concourir à expliquer l'action si remarquable des engrais azotés, et, sous ce rapport, sa découverte répond au désir exprimé dans le rapport de MM. Becquerel, Dutrochet et Dumas, relativement à mon précédent mémoire [2].

8° La nature même de cette substance et sa grande altérabilité expliquent l'action ainsi bien déterminée du tanin sur les spongioles; elle peut faire prévoir les effets de divers autres agents nuisibles, toutes les fois qu'ils dépassent certaines proportions.

9° Les sucs qui passent dans les vaisseaux des radicelles des plantes en bon état de végétation tiennent en solution une substance azotée, et fournissent, sans doute, à l'entretien de la sécrétion azotée insoluble, observée dans les tissus.

10° La même substance azotée que sécrètent les radicelles se

[1] Les racines aériennes qui transpirent le plus, et notamment celles de plusieurs *pothos*, en recèlent le plus dans ce tissu.

[2] Voyez pages 2 et 3 de ce rapport fait par M. Dumas à l'Institut, et inséré dans le t. XXX des Annales des sciences naturelles (1re série).

prolonge sans interruption dans les racines et les tiges des plantes, bien qu'en proportions graduellement moindres; elle doit donc jouer un rôle important dans les phénomènes de la végétation.

DEUXIÈME PARTIE.

COMPOSITION CHIMIQUE DES ORGANES DES VÉGÉTAUX, NUTRITION DES PLANTES; CAUSE GÉNÉRALE DE L'ALTÉRATION DES BOIS, MOYENS DE LES CONSERVER.

LU À L'ACADÉMIE DES SCIENCES, LE 18 DÉCEMBRE 1837.

A l'occasion d'un concours ouvert en 1820 par la société centrale d'agriculture, j'avais rassemblé un grand nombre de faits d'où l'on pouvait déduire des données générales sur les applications des débris des animaux à la nutrition des plantes.

La société royale décerna le premier prix à ce travail, et afin d'étendre les mêmes applications parmi les agriculteurs, elle offrit chaque année, depuis cette époque, des prix spéciaux qui continuent à figurer sur les programmes.

Je fis connaître, dans un second mémoire, qui obtint l'approbation de l'académie des sciences, plusieurs circonstances qui permettent de réaliser les maxima d'effets utiles, en employant ces substances azotées.

Il restait à démontrer le rôle des matières organiques riches en azote : agissaient-elles en excitant les forces végétatives, ou fournissaient-elles une partie des principes utiles à la nutrition des plantes?

Après avoir étudié la composition des parties des plantes qui sont le plus directement en contact avec les agents de la fertilité du sol, et cherchant surtout quel pouvait être le rapport com-

mun, à cet égard, entre les extrémités radicellaires des divers végétaux, je fus assez heureux pour trouver une loi générale de cette composition.

Déjà M. Gay-Lussac, en observant la présence de l'azote dans les graines, avait appelé l'attention des physiologistes sur ce fait important, et annoncé qu'il lui paraissait pouvoir conduire à expliquer la fécondité, comme engrais, des résidus que laissent les graines après l'extraction de leur huile; l'épuisement du sol par la culture de certaines plantes; l'utilité des substances azotées dans la végétation; peut-être même leur nécessité dans toutes les formations organiques. (Juillet 1833, *Annales de chimie.*)

Ainsi soutenu dans la route que j'avais suivie, j'essayai de généraliser mes observations en déterminant la composition de toutes les parties des végétaux presqu'à l'état naissant, et le plus possible isolées de ces principes immédiats, produits ou résidus, abondants et variables, sécrétés ou déposés parmi les tissus durant la vie des plantes.

Il fallait, pour les surprendre à peine formés, étudier tous les organes suivant l'ordre de leur développement, et la séve suivant sa marche progressive; à cet égard, les descriptions si claires de nos savants physiologistes, ainsi que les procédés d'expérimentation de M. Biot, m'ont offert des guides certains.

J'aurais cru devoir joindre à l'appui de mes observations la description de diverses expériences analogues à celles qui, dans mes précédents mémoires, démontraient la part active et féconde que prennent dans la production agricole les débris des animaux, si leurs résultats n'eussent été admis maintenant, non-seulement par les sociétés savantes qui s'occupent d'économie rurale et se multiplient si utilement en France, mais encore par toutes les personnes familiarisées avec les bonnes pratiques de l'agriculture; on sait bien en effet aujourd'hui que les engrais riches en substances azotées sont les plus efficaces, et partout on s'occupe des moyens d'utiliser sous ce rapport une foule de débris naguère perdus.

Mais on ignorait encore si les produits de ces agents indispensables à la fertilité du sol étaient assimilables dans les végétaux, dans toutes leurs parties, comme dans les radicelles.

Il fallait donc constater si la substance azotée résidait dans tous les organes essentiels de la vie végétale, ou seulement dans plusieurs d'entre eux; si cette matière pouvait former seule certains tissus; si elle accompagnait, quelquefois seulement, ou toujours, leur reproduction; en quel état elle existait dans les plantes; si elle y prenait une ou plusieurs formes constantes.

En supposant ces résultats obtenus, il convenait encore de rechercher s'ils se représenteraient les mêmes relativement à des plantes qui sécrètent abondamment des produits acides, du tanin, des huiles, ou des résines; s'ils ne différaient pas dans certaines saisons, ou pour des terrains peu fertiles, et enfin relativement à des plantes venues spontanément dans des terres incultes.

Tels sont les problèmes que je crois avoir résolus par des expériences poursuivies depuis quinze ans dans ces vues.

Dans la première série de mes recherches, un grand nombre de *bourgeons* offrirent une composition chimique analogue à celle des feuilles, et donnèrent, dans leur décomposition rapide ou spontanée, des réactions concordantes avec cette composition, tandis qu'au contraire plusieurs organes de la floraison et de la fructification, malgré la présence d'un léger tissu végétal, contenaient des proportions telles de matières azotées, qu'ils se rapprochaient de plusieurs produits des animaux.

En réfléchissant sur ces caractères, en apparence distinctifs, qu'offraient les organes foliacés comparés aux organes séminifères et aux extrémités des radicelles des plantes, il me parut convenable d'examiner plus attentivement, avant de les admettre, si des développements plus ou moins avancés, une nutrition aérienne plus ou moins abondante, n'occasionnaient pas la plus notable différence entre eux.

Les organes sexuels, en effet, soit par leur végétation très-

circonscrite ou leur courte existence, soit en raison de ce que leurs premiers progrès sont opérés à l'abri de la lumière vive, pouvaient être facilement saisis et observés avant que leur composition chimique se fût compliquée par une formation abondante de tissus ligneux ou d'autres principes immédiats.

En un mot, du point de vue où je m'étais placé, je ne devais, me semblait-il, apercevoir la similitude de composition qu'en observant toutes les parties des plantes à l'état où les présentent naturellement les extrémités radicellaires, dont la formation est toujours très-récente.

J'ai successivement étudié pendant les saisons favorables, et à plusieurs degrés de développements, tous les organes de la floraison suivant l'ordre de leur formation, en les recherchant d'abord dans l'intérieur des jeunes bourgeons, puis au fur et à mesure qu'ils devenaient, par leur accroissement, plus facilement perceptibles.

PRINCIPALES EXPÉRIENCES RELATIVES À LA COMPOSITION CHIMIQUE DES ORGANES DES VÉGÉTAUX PHANÉROGAMES.

Le 12 juin 1825, plusieurs des jeunes épis non encore fleuris du blé de Pologne (*triticum Polonicum*) semé le 12 mars furent examinés : les organes intérieurs de la floraison ayant été extraits, on traita isolément les étamines et les stigmates; chacun d'eux donna, par la carbonisation dans un tube, des vapeurs contenant un excès d'ammoniaque sensible au papier rouge de tournesol et à l'acide chlorhydrique. L'ovule et ses enveloppes donnèrent à la calcination des gaz à réaction légèrement acide[1]. Quelques jours plus tard, les épis étant en fleurs, les étamines calcinées don-

[1] L'addition préalable de quelques parcelles de potasse suffisait pour faire dégager d'abondantes vapeurs ammoniacales; le même phénomène eut lieu par l'addition préalable d'une base alcaline à toutes les parties des végétaux trop avancés dans leurs développements pour dégager directement des vapeurs ammoniacales.

nèrent directement des vapeurs acides; mais, à l'aide de la potasse, elles dégagèrent beaucoup d'ammoniaque.

Les fruits avaient alors deux millimètres dans leur plus grand diamètre; on remarquait à l'intérieur de très-petits sphéroïdes transparents, qui, sous l'influence de l'iode, des faibles solutions alcalines, des acides plus ou moins étendus, comme de la diastase, présentaient les caractères des granules d'amidon. Toute la masse du périsperme, ainsi que les téguments, donnaient des vapeurs acides à la calcination directe et alcalines par l'addition préalable de la soude ou de la potasse. Les mêmes résultats furent obtenus en agissant sur le seigle à des degrés égaux de développement. A l'époque de leur maturité, les différentes espèces et variétés de blé cultivées en grand offrent dans leurs téguments et les périspermes la propriété de donner directement par leur décomposition rapide des gaz à réaction acide, tandis que les radicules et les gemmules dégagent directement dans les mêmes circonstances des vapeurs très-alcalines.

Les parties correspondantes de toutes les variétés d'orge, de maïs [1] et de riz, ont offert les mêmes résultats; tous les périspermes de ces graines, traités à froid par l'eau distillée, ont donné une solution qui, filtrée, chauffée à 100°, a laissé coaguler une substance floconneuse, albuminiforme, riche en azote, donnant des vapeurs très-ammoniacales à la calcination. La solution limpide étant rapprochée à siccité, le résidu, traité successivement par l'eau et par l'alcool, donna deux autres solutions, qui, toutes deux évaporées à sec et calcinées en présence d'une base alcaline, dégagèrent de l'ammoniaque; la substance azotée affecte donc au moins quatre formes dans ces périspermes : l'une insoluble; la deuxième soluble, mais coagulable; la troisième incoagulable, soluble dans l'eau; la quatrième soluble dans l'eau

[1] A l'époque de la floraison du maïs, où les ovules, dépourvus encore d'embryons visibles, contiennent une masse cellulaire translucide gélatiniforme, celle-ci peut donner directement des vapeurs ammoniacales, tandis que toutes les enveloppes et les autres parties antérieurement formées produisent, à la calcination, des gaz acides.

et l'alcool. Le cotylédon de toutes ces graines mûres est abondamment pourvu d'une matière grasse, fixe, que l'éther isole et abandonne après son évaporation.

Toutes les espèces et variétés de blé, de seigle, d'orge, d'avoine, de maïs et de riz, germées dans l'eau distillée ou la vapeur aqueuse, à l'abri de la lumière, développèrent des radicelles et des gemmules qui, jusques à une longueur de plusieurs millimètres, produisaient à la calcination, directement, des vapeurs très-alcalines; pour toutes aussi, dès que la gemmule, exposée à la lumière, avait acquis une coloration verdâtre, elle donnait par sa distillation rapide des produits volatils acides, tandis que les radicelles blanchâtres laissaient encore dégager des vapeurs alcalines.

Chacune des graines, après que la germination eut développé de quatre centimètres la longueur totale de la plantule, séparée alors de celle-ci, contenait, pour un égal poids, moins d'azote qu'avant la germination [1].

Ces faits, et un grand nombre d'autres, démontrent que les premiers développements des embryons puisent dans la substance nutritive que leur fournissent les périspermes ou les cotylédons une plus grande proportion de la matière azotée que dans l'alimentation ultérieure; nous verrons que c'est aussi ce qui a lieu pour les premiers développements de tous les organes, au-dessus comme au-dessous de la superficie du sol, qui puisent dans la séve ascendante ou dans la terre leur première nourriture.

Légumineuses. —Pois (*pisum sativum*). Les feuilles très-jeunes, n'ayant encore qu'un à quatre millimètres de longueur, séchées puis calcinées, dégagèrent des vapeurs à réaction alcaline directement, tandis que des feuilles complétement développées, prises sur le même individu, donnèrent à la calcination des gaz acides.

De très-jeunes boutons à fleurs, n'ayant encore qu'un à deux

[1] Cette diminution dans la proportion de la substance azotée fut appréciée par l'analyse élémentaire, et aussi en comparant les résultats de l'analyse des fruits avec la composition de la plantule développée.

millimètres, séchés et calcinés, exhalèrent directement des produits abondants en ammoniaque. Les enveloppes, les pétales, les étamines et les ovaires, extraits des boutons, longs de huit à dix millimètres, donnèrent encore des produits gazeux à réaction alcaline; mais, dans une fleur développée, les pétales offrirent, par leur décomposition au feu, des vapeurs acides; les fleurs, épanouies au même point, contenaient des étamines, du pollen, de jeunes gousses et des ovules qui, essayés isolément, donnèrent des vapeurs ammoniacales. Après la chute des pétales, lorsque les ovules eurent atteint une longueur de trois millimètres, ils dégageaient encore des vapeurs à forte réaction alcaline, tandis que toutes les parties des gousses donnaient à la calcination des gaz acides.

Plus tard, lorsque chaque ovule contenait un embryon baigné dans un liquide, il donnait encore, après dessiccation, des vapeurs ammoniacales par la calcination.

Les radicelles et les tigellules, extraites des pois verts ou légèrement jaunâtres, ou parvenus à la maturité, dégagèrent, par la décomposition ignée, des vapeurs ammoniacales.

Les cotylédons des jeunes pois donnèrent aussi des gaz alcalins, tandis que leurs téguments produisaient des vapeurs acides.

Haricots (*phaseolus vulgaris*). Un jeune bouton à fleur, ayant une longueur de quatre millimètres, desséché tout entier et soumis à la calcination, dégagea des produits à forte réaction ammoniacale; chacune des parties, depuis les enveloppes jusques à l'ovaire, extraite de boutons ayant quatre à huit millimètres, de cette variété et de celle dite *phaseolus caracolla,* offrit des résultats semblables.

Les ovules, extraits après la chute des pétales, donnèrent aussi des vapeurs alcalines. Dans un haricot mûr le tégument donne des gaz à réaction acide. Il en est de même des cotylédons lavés: tandis que le liquide évaporé à siccité donne, même après séparation de l'albumine coagulée, des gaz alcalins, la radicule et la gemmule dégagent directement des vapeurs ammoniacales.

Fèves (*faba vulgaris*). Les graines à l'état de maturité offrent, dans la gemmule et la radicule, une composition assez riche en azote pour donner directement des gaz très-alcalins.

Baguenaudier (*colutea arborescens*). Des ovules presque complétement développés dégagèrent, par la calcination, des vapeurs fortement alcalines, tandis que les porte-graines et les pédoncules donnaient des gaz à réaction acide. Les gousses très-jeunes, extraites d'une fleur entièrement épanouie et privées de leurs ovules, donnèrent des vapeurs ammoniacales.

Cascaloté. Sous ce nom on connaît, au Brésil, les gousses et les graines d'une sorte de mimosa; les premières donnent à la calcination des vapeurs très-acides; il en est de même des téguments de la graine mûre, tandis que l'amande ainsi que les radicules et les gemmules développent des produits volatils à réaction très-alcaline.

Faux ébénier (*cytisus saburnum*). Les ovules extraits d'une gousse immédiatement après la floraison, les pétales étant fanés, donnèrent des vapeurs ammoniacales, tandis que toutes les parties de la plante plus anciennement formées dégageaient des vapeurs acides.

Solanées. — Pommes de terre (*solanum tuberosum*). On a extrait des boutons à fleurs clos, les étamines, les stigmates et les ovaires : chacun de ces organes, essayé séparément par dessiccation et calcination, dégagea des vapeurs très-alcalines.

Un jeune bouton à fleur, calciné tout entier, donna également des vapeurs ammoniacales.

Plusieurs gros tubercules, qu'on laissa végéter à l'air depuis le mois de février jusques au mois de mai, montraient, vers la partie inférieure des pousses verdâtres, de nombreuses radicelles blanchâtres, courtes : extraites à plusieurs époques et calcinées, toutes ces radicelles dégagèrent d'abondantes vapeurs ammoniacales.

Un petit tubercule ayant deux millimètres et demi de diamètre, formé dans la terre au bout d'une radicelle, fut desséché et cal-

ciné: il produisit des vapeurs douées d'une forte réaction alcaline, tandis que de gros tubercules coupés, séchés, pulvérisés et calcinés, donnaient des gaz sensiblement neutres, c'est-à-dire dans lesquels les produits acides saturaient les produits ammoniacaux: en effet l'addition de la soude faisait dominer des vapeurs très-alcalines.

Tabac (*nicotiana tabacum*). Un jeune bouton à fleur, ayant quatre millimètres de diamètre, donna des vapeurs très-riches en ammoniaque. Il en fut de même des ovaires, des folioles blanchâtres et d'une petite feuille à peine verdâtre. Une feuille verte à moitié de son développement présenta des produits à réaction alcaline, tandis que les nervures isolées, ainsi que les pétioles et toutes les parties de la plante plus anciennement formées et plus ou moins dures ou ligneuses, développaient des produits acides.

Malvacées. — Mauve (*malva sylvestris*). Dans les jeunes boutons à fleurs clos, tous les organes discernables isolés donnèrent des vapeurs ammoniacales, tandis que les enveloppes florales externes, colorées en vert et consistantes, dégageaient des produits gazéiformes, rougissant la teinture bleue du tournesol.

Rose trémière (*althæa rosa*). Tous les organes de la floraison extraits d'un jeune bouton clos dégagèrent des vapeurs à réaction alcaline prononcée, tandis que les enveloppes florales vertes et les pédoncules exhalaient des produits où dominait la réaction acide.

Cucurbitacées. — Potiron (*cucurbita pepo*). Dans toutes les parties terminales les plus jeunes, les feuilles, les tigelles garnies de poils, les boutons à fleurs mâles et à fleurs femelles, donnèrent, par leur décomposition ignée, des vapeurs fortement ammoniacales.

Une petite feuille d'un vert prononcé, ayant quinze millimètres sur sa plus grande dimension, dégagea aussi des vapeurs ammoniacales; les étamines d'un bouton clos donnaient une forte

réaction alcaline, tandis que l'enveloppe dégageait des produits moins alcalins. Après l'épanouissement des fleurs mâles, leur pollen était aussi riche en azote. Les stigmates des boutons clos dégageaient des vapeurs abondantes en ammoniaque ainsi que les ovaires correspondants. (Les poils dont ces derniers sont garnis dégagèrent des vapeurs sans réaction sensible.) Les ovules, après la floraison, dégageaient d'abondantes vapeurs ammoniacales.

Le tissu cellulaire des feuilles larges et vertes et de leurs pétioles donnait encore des gaz à réaction sensiblement alcaline, tandis que leurs nervures, plus consistantes, dégageaient des vapeurs acides.

Les pédoncules des fruits mûrs donnaient aussi des vapeurs acides; il en fut encore de même du tissu enlevé sous l'écorce lisse des potirons mûrs.

Nyctaginées. — Belle de nuit (*mirabilis jalapa, nyctago hortensis*). Aussitôt après la floraison, les ovules extraits, séchés et calcinés, donnèrent des vapeurs ammoniacales.

Dans les graines mûres, les radicules, les gemmules ainsi que les cotylédons, pris ensemble ou séparément, dégagent à la calcination d'abondantes vapeurs ammoniacales; l'endosperme blanc farineux est rempli d'amidon très-fin, et dégage des gaz acides; l'enveloppe externe, dure, ligneuse, donne des vapeurs à réaction acide.

Crucifères. — Colza (*brassica oleracea arvensis*). Les quatre folioles au bout d'une jeune pousse dégagèrent à la calcination des gaz à réaction alcaline; une petite feuille plus développée, mais encore d'un vert jaunâtre pâle, dégageait aussi des vapeurs ammoniacales, tandis que les grandes feuilles, leurs nervures et les tiges consistantes donnaient à la calcination des produits acides.

De jeunes graines blanches, longues d'un millimètre, donnaient des gaz ammoniacaux; mais, un peu plus développées, ayant atteint une longueur d'un millimètre et demi, les graines

encore blanchâtres, extraites sur le même pied, donnaient des vapeurs à réaction acide.

Choux (*brassica oleracea*). Les jeunes boutons contenant tous les organes de la floraison non développés et des folioles vertes, ainsi que chacun des organes pris isolément, dégagèrent d'abondantes vapeurs ammoniacales; il en fut de même des jeunes feuilles; les tissus peu consistants des feuilles entièrement développées, offrirent encore le même résultat, tandis que leurs nervures, et les pétioles, donnèrent des vapeurs acides.

Les bourgeons blancs, séparés des pédoncules d'un choux-fleur, donnèrent à la calcination des vapeurs fortement alcalines.

Synanthérées. — Soleil (*helianthus annuus*). Dans un très-jeune bouton à fleur, ayant deux centimètres de diamètre, tous les organes internes perceptibles, isolés ou réunis, donnèrent à la calcination des vapeurs très-alcalines, tandis que les parties vertes externes, les nervures des feuilles, les pétales et toutes les parties plus anciennement formées produisaient des gaz à réaction acide.

Topinambour (*helianthus tuberosus*). Toutes les folioles blanchâtres ou d'un blanc verdâtre, le plus récemment formées, donnaient, par leur décomposition, un excès d'ammoniaque, tandis que les feuilles développées, leurs nervures, les pétioles et les tiges consistantes donnaient des gaz acides.

Dahlia. Un jeune bouton à fleur, ayant quatre millimètres de diamètre, dégarni de ses parties enveloppantes, donna des vapeurs alcalines, tandis que les enveloppes externes, les feuilles, les tiges et les fleurs épanouies offraient à la calcination des produits volatils acides.

Artichaut (*cynara scolymus*). Les cinq premières rangées de folioles blanchâtres, larges de un à trois millimètres, prises à l'intérieur d'un artichaut très-jeune, dégagèrent des vapeurs alcalines.

Laitue (*lactuca sativa*). Les six plus petites feuilles, le plus ré-

cemment formées, développèrent des vapeurs ammoniacales, tandis que les grandes feuilles donnaient des gaz acides.

Citronnelle, aurone mâle (*artemisia abrotonum*). Tous les organes internes de la floraison, extraits de boutons clos, donnèrent des vapeurs abondantes en ammoniaque, tandis que les enveloppes, les feuilles et les jeunes branches dégageaient des gaz acides.

Chénopodées. — Poirée (*beta cicla*). Toute la partie terminale d'une tige, offrant, dans des boutons très-récemment formés, les organes de la floraison, leurs enveloppes, les petites feuilles, et une portion de l'extrémité de la tige, développèrent des vapeurs ammoniacales à la calcination.

Liliacées. — Oignons (*allium cepa*). Tous les organes intérieurs des boutons à fleurs, blanchâtres, ayant deux à trois millimètres et extraits d'une jeune tête close, donnèrent des vapeurs alcalines. Les fleurs épanouies, et même les ovules qu'elles renfermaient, dégagèrent des vapeurs acides, ainsi que toutes les parties de la plante plus anciennement formées.

Lis blanc (*lilium candidum*). Dans une fleur récemment ouverte, le pollen, ainsi que les ovules extraits et traités à part, dégagèrent des vapeurs ammoniacales, tandis que l'ovaire développait des produits acides.

Tulipe (*tulipa*). Les ovules tirés d'une fleur entr'ouverte donnèrent des vapeurs alcalines, tandis que l'ovaire et toutes les parties plus anciennes dégageaient des gaz acides, ainsi que les jeunes graines, extraites huit jours après la floraison.

Amaryllidées. — Narcisse des jardins (*narcissus odorus*). Après la floraison, les amandes encore molles, opalines, de consistance gélatineuse, donnèrent des vapeurs alcalines, tandis que leurs téguments et plus encore l'ovaire, et toutes les parties plus anciennement formées, dégagèrent des produits acides.

Renonculacées. — Pieds-d'alouette (*delphinium ajacis*). Les ovules, examinés immédiatement après la floraison, donnèrent des vapeurs ammoniacales, et les ovaires des gaz acides.

Pivoine (*pæonia officinalis*). Dans un turion souterrain, sortant d'un tubercule, les trois premières enveloppes rougeâtres donnèrent des vapeurs acides, et les très-petites folioles blanchâtres internes, des gaz sensiblement alcalins; les ovaires ainsi que les ovules d'une fleur épanouie dégagèrent des vapeurs acides.

Thymélées. — Daphne (*daphne laureola*). Les organes de la floraison extraits de boutons à fleurs clos, calcinés après dessiccation, donnèrent d'abondantes vapeurs ammoniacales; après la floraison il en fut de même des stigmates, tandis que déjà les étamines, les ovaires et les pétales donnaient des produits sensiblement acides.

Asparaginées. — Asperges (*asparagus officinalis*).

1° Un jeune turion enlevé sur une souche et qu'on dessécha, après l'avoir débarrassé des enveloppes foliacées.

2° Tous les organes floraux découverts et pris au bout d'une tige encore souterraine.

3° Les folioles blanchâtres qui enveloppaient ces organes.

4° La partie terminale d'une tige sortie de terre, après avoir éliminé les écailles qui la recouvraient.

5° Enfin la partie de la tige la plus voisine du bout et jusques à cinq centimètres de longueur.

Chacune de ces parties desséchée isolément, puis calcinée, dégagea des vapeurs ammoniacales, tandis que les écailles dures et la portion blanche, mais la plus consistante, des tiges, prise dans la terre, sur les pieds qui ont fourni les numéros 4 et 5 ci-dessus, développèrent des gaz à réaction acide.

Polygonées. — Oseille (*rumex acetosa*). Bien que toutes les parties vertes et développées de cette plante contiennent une grande proportion de sucs propres très-acides, si l'on extrait de l'extrémité de ses panicules terminales les plus jeunes boutons à fleurs, renfermant les organes récemment formés, ils dégagent à la calcination des vapeurs ammoniacales.

Papavéracées. — Pavot double (*papaver somniferum*). Les jeunes boutons à fleurs dépouillés de leurs enveloppes et contenant des

pétales incolores, les ovaires, les étamines et les stigmates, dégageaient d'abondantes vapeurs ammoniacales; les ovules d'un pavot simple nouvellement fleuri donnèrent aussi des vapeurs alcalines.

Iridées. — Safran (*crocus sativus, officinalis*). Les stigmates et le pollen donnèrent des vapeurs sensiblement neutres. Sur des fleurs moins avancées venues en terre, le pollen dégagea des produits très-alcalins, tandis que les étamines, débarrassées du pollen, et les pétales, dégageaient des vapeurs acides; les stigmates donnèrent des produits sensiblement neutres.

Boraginées. — Héliotrope (*heliotropium peruvianum*). Les étamines et le pollen, essayés séparément, donnèrent des vapeurs alcalines.

Géraniacées. — Géranium (*pelargonium*). Les ovules extraits après la floraison donnèrent des vapeurs alcalines, tandis que les pétales fanés, les ovaires et toutes les parties plus âgées développaient des gaz acides.

Aurantiacées. — Camélia (*japonica*). Les ovaires de très-jeunes boutons à fleurs simples dégageaient des produits fort alcalins; il en fut de même du pollen de fleurs récemment épanouies, tandis que les étamines, privées de la plus grande partie du pollen, dégagèrent des gaz acides. Les stigmates, ovules et ovaires de jeunes fleurs prises sur un *camelia odorata* donnaient des vapeurs très-alcalines; dans un jeune bouton à fleur double, les folioles blanches peu consistantes, extraites près du centre, donnèrent aussi des vapeurs alcalines.

Oranger (*citrus aurantium*). Les jeunes boutons à fleurs clos, contenant tous les organes de la floraison, donnent à la calcination des vapeurs ammoniacales.

Les pistils, stigmates, étamines et ovaires renfermant les ovules de fleurs récemment entr'ouvertes, traités séparément, dégageaient des vapeurs ammoniacales, tandis que les parties plus âgées, les pédoncules et les pétales, donnèrent des vapeurs acides.

Magnoliacées. — Magnolier glauque (*magnolia glauca*). En pleine terre, dans les jeunes boutons fructifères, les ovules dégageaient des vapeurs très-alcalines, et les ovaires des produits sensiblement alcalins. Dans les fleurs entr'ouvertes les ovules donnaient des vapeurs très-ammoniacales, le pollen dégageait des gaz alcalins; les étamines privées du pollen, les stigmates, les ovaires, les pédoncules, les pétales et les feuilles donnèrent des gaz acides, ainsi que les bourgeons foliifères.

Cornouiller (*cornus mas*). Le parenchyme charnu du fruit est acide et sucré; la substance dure ligneuse qui enveloppe l'amande est astringente; les cotylédons renferment 0,60 d'une huile grasse; toutes ces parties dégagent à la calcination des gaz acides.

La radicule et la gemmule développent des vapeurs ammoniacales.

Urticées. — Mûrier (*morus nigra*). Tous les organes mâles de la floraison réunis et récemment formés donnèrent des vapeurs acides, tandis que les étamines extraites de l'intérieur de leurs enveloppes dégagèrent des produits alcalins.

Tiliacées. — Tilleul (*tilia europæa*). Le 29 mars 1836, dans un jeune bourgeon clos, les quatre folioles centrales le plus récemment formées dégagèrent à la calcination des vapeurs très-alcalines, tandis que toutes les parties enveloppantes plus âgées donnaient des produits acides.

Acérinées. — Érable (*acer pseudo-platanus*), *faux sycomore*. Les organes de la fructification, extraits de l'intérieur d'un bourgeon non développé, donnèrent des vapeurs ammoniacales, tandis que les enveloppes dégageaient des vapeurs acides. A l'époque de la floraison, les ovules récemment formés dégageaient des produits alcalins, tandis que les ovaires et toutes les parties plus anciennes donnaient des gaz acides.

Marronnier d'Inde (*æsculus hippocostanum*). Les ovules, ayant de trois à cinq millimètres, extraits des fruits le 1er juin, séchés et calcinés, donnèrent d'abondantes vapeurs ammoniacales. Sur

un fruit cueilli peu avant sa maturité, le bout de la radicule de la graine, coupé sur une longueur égale à deux fois son diamètre, donna, par la calcination, des vapeurs alcalines, tandis que des fragments de cotylédon, de tégument et d'ovaire, essayés séparément, dégageaient des gaz acides.

Sur un marron mûr, toutes les parties, même la radicule et la gemmule, donnaient des gaz acides; au même état de maturité, mis dans les circonstances propres à la germination, la radicule, après s'être allongée de dix millimètres, et avoir formé par conséquent un nouveau tissu, donna des vapeurs alcalines, lorsque l'on en soumit à la calcination le bout sur une longueur de quatre millimètres.

JASMINÉES. — Lilas (*syringa vulgaris*). Le 16 février 1835, les fleurs rudimentaires extraites d'un bourgeon donnèrent des vapeurs ammoniacales, tandis que les folioles et écailles enveloppantes dégagèrent des produits acides. Les boutons très-jeunes, extraits de l'intérieur d'un bourgeon fructifère, le 13 mars, et contenant tous les organes de chaque fleur, furent desséchés et calcinés; ils dégagèrent des vapeurs alcalines, tandis que les pédoncules et enveloppes du bourgeon donnaient des vapeurs acides.

BYTTNÉRIACÉES. — Cacaoyer (*theobroma cacao*). Les corps embryonnaires de la graine privée de cotylédons dégageaient, par leur décomposition au feu, d'abondants produits ammoniacaux et l'huile goudronneuse fétide des *matières animales,* tandis que le reste de l'amande, ainsi que les téguments, donnaient des gaz acides, et en excès les produits goudronneux des substances organiques non azotées, plus une substance aromatique.

TÉRÉBINTHACÉES. — Noyer (*juglans regia*).

Les stigmates excisés sur les jeunes ovaires, ayant sept millimètres de grosseur, séchés et calcinés, donnèrent des vapeurs ammoniacales. Les ovules extraits de cet ovaire offrirent aussi dans leur décomposition des gaz très-alcalins.

Dans des noix fraîchement cueillies, à peine parvenues à l'état

de maturité, les radicules, ainsi que les gemmules, donnèrent des vapeurs ammoniacales; les cotylédons concassés, lavés, donnèrent une solution qui, chauffée à 100°, laissa séparer un coagulum fortement azoté. Le liquide clair, rapproché à siccité, donnait à la calcination des gaz acides. Si l'on y ajoutait préalablement de la soude, les vapeurs devenaient ammoniacales. Les deux téguments minces enveloppant l'amande, séparément traités, dégageaient des gaz à réaction acide.

Ribesiées. — Groseiller (*ribes rubrum*). Le 5 mai 1835, les ovules extraits de groseilles récemment nouées, et ayant $0^{m}9$ de grosseur, donnèrent des gaz alcalins à la calcination; toutes les autres parties de la grappe dégageaient des produits acides.

Rosacées. — Amandier (*amygdalus communis*). Le 15 février 1835, dans un bourgeon fructifère clos, on excisa les stigmates, styles, ovaires et les étamines; essayé séparément, chacun de ces organes donna des vapeurs ammoniacales.

Une amande gélatiniforme, translucide, desséchée et calcinée, donna des vapeurs ammoniacales. Le 31 mai, la moitié seulement des cotylédons étaient encore demi-transparents. Cette portion, desséchée et calcinée, donna des vapeurs alcalines, tandis que le tégument dégageait des vapeurs acides.

Dans les amandes devenues presque entièrement opaques, les radicules et les gemmules dégageaient des vapeurs très-alcalines.

De jeunes bourgeons d'un blanc jaunâtre, pris à l'extrémité des branches dépouillées de feuilles par les chenilles, produisirent à la calcination des vapeurs alcalines.

Pêcher (*amygdalus persica*). Le 16 février, les stigmates, styles, ovaires et étamines des bourgeons fructifères, donnaient des vapeurs alcalines, et leurs enveloppes des gaz acides. Le 5 mai, les pétales des fleurs dégageaient des produits acides. Dans l'amande d'un fruit mûr, le 10 septembre 1836, le tégument et les cotylédons dégageaient des vapeurs acides, tandis que la radicule et la gemmule, isolément calcinées, donnaient des vapeurs ammoniacales.

Prunier (*prunus domestica*). De jeunes bourgeons d'un blanc jaunâtre, pris à l'extrémité de branches dépouillées de feuilles par les chenilles, produisirent à la calcination des vapeurs alcalines.

Cerisier (*cerasus vulgaris*). Le 16 février 1835, tous les organes de la floraison, extraits d'un bourgeon fructifère, dégagèrent des produits alcalins. Le 5 mai, les pétales des fleurs donnaient des vapeurs à réaction acide; les ovaires, quoique sans consistance, et les fruits, donnaient aussi des vapeurs acides.

Abricotier (*armeniaca sativa vulgaris*). Le 16 février 1835, les stigmates, styles, ovaires et étamines, tirés des bourgeons clos, donnèrent à la calcination des vapeurs très-alcalines.

Le 28 avril suivant, les ovules gélatiniformes dégageaient des gaz ammoniacaux, mais leurs téguments donnaient des vapeurs acides.

Poirier (*pyrus communis*). Le 16 février 1835, les organes des fleurs, pris dans l'intérieur des bourgeons fructifères, séchés et calcinés, donnèrent des vapeurs ammoniacales.

Les fleurs étant épanouies, les pétales donnaient à la calcination des gaz acides; il en fut de même relativement aux pétales des fleurs épanouies des pommiers et des cognassiers.

Le 5 mai, les pepins peu consistants, blanchâtres, longs de deux millimètres, de poires *nouées* depuis peu, dégageaient des vapeurs très-ammoniacales; au mois de septembre, les radicules et les gemmules des amandes développaient des vapeurs fort alcalines.

Cormier (*sorbus domestica*). Les radicules et gemmules des graines, à peine mûres, donnèrent à la calcination des vapeurs très-alcalines.

Ronces (*rubus fruticosus*). Sur des ronces venues dans un sol aride, inculte, les organes de la floraison, extraits de très-jeunes boutons clos, dégagèrent des vapeurs alcalines, tandis que leurs enveloppes donnaient des gaz acides. Dans les boutons à fleurs près de s'épanouir, les pétales roses, tous les organes intérieurs

ainsi que leurs enveloppes, dégageaient des gaz à réaction très-acide.

Roses (*rosa damascena*). Dans des boutons à fleurs clos, tous les pétales donnaient des gaz acides; mais les stigmates et étamines dégageaient, par leur décomposition au feu, des vapeurs ammoniacales.

Ampélidées. — Vigne (*vitis vinifera*). Le 13 mars, on excisa de l'intérieur d'un bourgeon tous les organes de la floraison réunis sur une grappe rudimentaire : ainsi débarrassés de tout ce qui les enveloppait, desséchés et calcinés, ils dégagèrent des vapeurs ammoniacales; leurs enveloppes donnaient des gaz acides. Le 20 mars suivant, les mêmes organes, enlevés de l'intérieur d'un bourgeon, dont le volume était augmenté par un commencement de végétation, offrirent les mêmes résultats; quelques folioles rudimentaires blanchâtres, d'un millimètre et demi à deux millimètres, prises au-dessous et autour des organes fructifères, donnèrent également des vapeurs très-alcalines.

Dans le mois de mai, des folioles verdâtres, d'un à deux millimètres, prises à l'extrémité des jeunes pousses, donnèrent des produits volatils, tantôt légèrement acides, tantôt neutres ou alcalins, suivant qu'elles étaient plus ou moins avancées.

Le 8 juin, les ovaires et organes floraux de fleurs entr'ouvertes donnaient des vapeurs neutres ou légèrement alcalines; closes et calcinées avec leurs enveloppes, elles exhalaient des produits acides.

Le 10 juin, tous les organes intérieurs d'un bouton à fleur clos, extraits sur une variété de gros raisin rouge tardive, dégagèrent des vapeurs alcalines; les enveloppes donnaient des produits volatils acides.

Le 20 juin, des ovules ayant un millimètre de longueur, extraits de jeunes fruits et desséchés, développèrent à la calcination des vapeurs ammoniacales.

Cupulifères. — La radicule et la plumule d'une châtaigne, dont le tégument était encore blanchâtre, donnèrent des vapeurs alcalines.

Toutes les autres parties enveloppantes, plus anciennement formées, donnaient des produits acides.

Je suis parvenu à constater ainsi, sur un très-grand nombre d'espèces des différentes familles, que, « dès qu'on les peut isoler, « et plus ou moins longtemps avant qu'ils soient propres à la « reproduction, les stigmates, les anthères et leurs supports con- « tiennent une telle proportion d'azote, que les produits de leur « décomposition en vase clos, par l'élévation de la température, « contiennent une dose d'ammoniaque suffisante pour saturer les « produits acides, qui se forment simultanément aussi, et même « pour se manifester en excès aux réactifs qu'on leur présente.

« Ces phénomènes varient graduellement avec l'âge et les dé- « veloppements des organes précités : ainsi, à l'époque où l'on peut « isoler le pollen, celui-ci offre les réactions ci-dessus indiquées, « tandis que l'anthère, et plus encore le filet, offrent des propor- « tions tellement décroissantes de substances azotées, que souvent « une réaction acide domine dans les produits volatils de leur « décomposition.

« Il en est de même des stigmates relativement au style. Ces « différences sont plus marquées encore dans les enveloppes flo- « rales plus développées, et à plus forte raison dans les bractées, « les feuilles et les pédoncules.

« En suivant toujours les progrès des organes de la reproduc- « tion, on observe que, dans l'ovaire, les principes immédiats non « azotés font déjà dominer la réaction acide, tandis que les ovules « dégagent encore, par leur décomposition, des vapeurs alcalines.

« Les ovules subissent à leur tour la même loi en achevant « leur transformation en graines : ainsi leurs téguments perdent « les premiers la faculté de donner à la distillation des vapeurs « ammoniacales en excès, tandis que l'embryon l'a conservée; « celui-ci varie bientôt à son tour dans ses différentes parties, « mais d'une manière moins sensible, et qui arrive promptement « à son terme dès que l'organisation y reste stationnaire.

« Le plus généralement, dans les graines, les cotylédons, en rai-

« son des principes immédiats qu'ils renferment, développent des « gaz acides par leur décomposition rapide, tandis que les corps « radicellaires et les gemmules dégagent des vapeurs ammonia- « cales.

« Lorsque ces dernières parties de l'embryon sont très-consis- « tantes, l'enveloppe et la tigelle peuvent donner des produits à « réaction acide, et l'extrémité découverte de la radicule dégager « au contraire des vapeurs alcalines. »

L'examen attentif des bourgeons qui ne contiennent que des feuilles présentait, comme nous l'avons dit, plus de difficultés; mais enfin il conduisit aux mêmes résultats : c'est-à-dire que « les feuilles et l'extrémité des tiges le plus récemment for- « mées, n'ayant que très-peu reçu l'influence de l'air et de « la lumière, sont d'une très-faible consistance, incolores, ou « à peine colorées; ces parties naissantes contiennent alors une « assez forte proportion de substances azotées, pour développer « directement, à la calcination, des produits gazeux à réaction « alcaline.

« Tous ces faits ont été reproduits, en soumettant à des épreuves « semblables les diverses parties récemment formées des plantes « grêles, venues dans des sols arides et des terres incultes, en « France et sur les montagnes de la Toscane. »

Puisque, sous tant de formes différentes, tous les organes des végétaux sont formés en présence d'une grande proportion de substances azotées, il me parut probable qu'il en devrait être de même d'un tissu d'un assemblage quelconque d'utricules, et que, pour le démontrer, il suffirait d'isoler, très-peu de temps après sa formation, ce produit de l'organisme, des tissus plus anciens et des principes immédiats étrangers, ou encore le fluide alimentaire arrêté dans son mouvement. Voici à cet égard une des expériences qu'il est le plus facile de répéter, et à laquelle je fus conduit en cherchant à surprendre les éléments de l'organisation d'un tissu dans une masse, le moins possible chargée de ligneux et d'autres principes immédiats, bien que douée d'une

puissance d'accroissement rapide, semblable à ces jeunes tissus nés du cambium, étudiés sous le rapport physiologique par M. de Mirbel.

Un concombre blanchâtre (*cucumis sativus*), volumineux déjà, mais se développant encore, fut coupé en deux par un plan perpendiculaire à son axe : on vit aussitôt un fluide mucilagineux sortir par ses vaisseaux, puis acquérir une consistance gélatineuse : ces protubérances arrondies furent enlevées avec soin sans entamer le tissu sous-jacent; desséchées, puis chauffées dans un tube, elles dégagèrent d'abondantes vapeurs ammoniacales; elles offrent donc la même composition chimique que les divers organes à l'état naissant de tous les végétaux.

La pellicule dure du concombre, ainsi que le tissu celluleux pris au milieu de la masse du sarcocarpe, donnaient des vapeurs acides.

En réfléchissant sur les causes d'une composition aussi constante, je fus porté à croire que les liquides puisés dans le sol, et conduits au travers des couches ligneuses vers les bourgeons des arbres, pour commencer leurs développements, devaient dans l'état normal offrir généralement encore une composition semblable.

Un exemple fera bien comprendre ici par quel ordre de moyens j'ai vérifié cette vue.

Le 5 juin 1836, une forte branche de sureau (*sambucus nigra*) ayant soixante et quinze millimètres de diamètre moyen, coupée sur une longueur de quatre-vingts centimètres, fut ainsi disposée dans la vue d'en extraire les matières contenues dans les conduits de la séve montante : le bout le moins gros, qui sur la plante était le plus élevé, fut taillé en pointe; le bout opposé, taillé net par un plan perpendiculaire à l'axe, fut entouré d'une lamelle en plomb lutée avec du caoutchouc, puis dirigé en haut; on versa dans le petit vase formé de cette manière un décilitre d'eau distillée : en moins d'une minute, le liquide séveux déplacé commença à s'écouler *guttatim* vers le bout conique infé-

rieur et fut recueilli; il était sensiblement incolore, diaphane, doué d'une légère réaction acide; rapidement évaporé dans le vide, il laissa un résidu sec, peu hygroscopique; celui-ci calciné dégageait des vapeurs abondantes en carbonate d'ammoniaque et laissait un charbon non boursouflé.

Afin de rechercher les sucs alimentaires dont le tissu médullaire très-volumineux est gorgé dans les très-jeunes tiges encore peu consistantes du sureau, ce tissu isolé de son enveloppe ligneuse fut soumis à une forte pression : desséché et calciné, il développa effectivement des gaz à réaction alcaline. Le tissu, exprimé, épuisé de toute matière azotée et des sels par des solutions faibles de soude, d'acide chlorhydrique et de l'eau, à chaud et à froid, puis séché à cent degrés dans le vide sec, offrit à l'analyse la composition du tissu végétal.

En répétant l'essai relatif aux matériaux de la séve sur une tige rameuse d'un chêne (*quercus robur*) venu dans un terrain sableux, toutes circonstances que j'avais à dessein choisies, j'obtins d'abord, par une filtration d'eau dans la tige et dans les branches, un produit dont la décomposition, après l'évaporation à siccité, donnait une réaction acide; je supposai que les sections faites à l'écorce et au bois avaient mis à nu du tanin, qui, arrêtant une partie des substances azotées, s'était mêlé lui-même au liquide; en effet, après avoir lavé toutes les sections par lesquelles le liquide sortait des branches, afin d'enlever le tanin que les coupures des vaisseaux propres avaient mis à nu, le liquide séveux déplacé donna, par le rapprochement et la calcination, des vapeurs alcalines.

Le 20 avril 1835, avant le développement des feuilles, la séve montante du mûrier noir, légèrement acide au tournesol, fut desséchée dans le vide. Ce résidu calciné dégagea des vapeurs ammoniacales.

La séve montante d'un figuier (*ficus carica*), traitée le 30 mars comme celle du mûrier, donna lieu aux mêmes phénomènes.

Le 2 avril suivant, la séve montante d'un tilleul, traitée comme

nous l'avons dit plus haut, donna un résidu développant des vapeurs ammoniacales.

Une branche d'un érable suc (*acer saccharinum*) ayant un centimètre de diamètre moyen fut disposée, le 10 mai 1836, de façon à en extraire la séve ascendante; celle-ci, sensiblement acide, fut abandonnée quatre jours aux réactions spontanées. La vapeur au-dessus du liquide, ainsi que le liquide lui-même, étaient devenus alcalins. Évaporé, desséché, son résidu donnait à la calcination des gaz à forte réaction alcaline.

Une branche de peuplier (*populus nigra*) ayant douze millimètres de diamètre moyen sur une longueur d'un mètre trente centimètres, traitée de façon à en extraire la séve ascendante, que l'on fractionna en deux parties, donna d'abord trente-cinq grammes de liquide légèrement acide qui, évaporé, séché, calciné, développa des vapeurs alcalines. Le deuxième liquide, pesant vingt-cinq grammes, obtenu d'une deuxième filtration dans les conduits séveux, traité de même, donna un résidu dégageant aussi, par sa décomposition rapide, des gaz alcalins.

A la fin du mois d'avril, la séve ascendante d'une branche de noyer évaporée, desséchée, laissa un résidu donnant à la calcination des vapeurs ammoniacales.

La séve montante extraite d'une tige d'*aylanthus glandulosa* était légèrement acide; abandonnée pendant quatre jours, elle prit une réaction alcaline; rapprochée à siccité, son résidu donna, par la calcination, des vapeurs alcalines.

Le 14 septembre suivant, la séve montante d'une branche de pêcher avait une légère réaction acide; elle se putréfia et devint alcaline en la rapprochant, puis donna des vapeurs ammoniacales à la calcination.

La séve ascendante, extraite d'une branche de prunier, laissa, par évaporation, un résidu qui, desséché, était fort hygroscopique; calciné, il donna des vapeurs ammoniacales.

Le 21 du mois de mars, quarante centimètres cubes de séve montante, recueillis directement par l'écoulement spontané à

l'extrémité des branches de vigne coupées et recourbées, présentèrent une légère réaction acide; rapprochés par l'ébullition, il se produisit un coagulum albuminiforme très-azoté; le résidu de l'évaporation complète était sensiblement salé, acide et sucré; il avait acquis une odeur de bouillon; desséché alors et calciné, il développa d'abondantes vapeurs ammoniacales et laissa un charbon boursouflé.

Ainsi toute la séve poussée des racines vers les tiges, malgré la présence d'un acide libre, du sucre et d'une substance gommeuse, constatés par les réactifs et la fermentation, contenait assez de matières riches en azote pour que les vapeurs ammoniacales, saturant tous les produits acides, se manifestassent encore en excès.

Dans tous ces fluides séveux il y a deux matières azotées, ou du moins cette substance y affecte deux états; il importait de savoir si une troisième modification de la matière la retenait en partie adhérente aux conduits et dans les tissus; cette conjecture fut vérifiée en faisant succéder à l'eau pure des solutions de plusieurs réactifs, et notamment du tanin et du protonitrate de mercure; les mêmes moyens ont démontré la présence de la substance azotée adhérente, quoique douée d'une très-faible cohésion, dans les tissus vasculaires des racines.

Ainsi donc, non-seulement les liquides nourriciers qui s'élèvent des extrémités radicellaires jusques aux dernières limites des parties aériennes des plantes, charrient en fortes proportions une matière très-azotée et l'accumulent dans tous les organes naissants, mais encore ils la déposent sur toute l'étendue des conduits qu'ils parcourent.

La substance azotée constitue-t-elle seule, ou associée à d'autres, des membranes, des utricules, des tissus.

Dans les divers organes des nombreuses espèces examinées sous ce rapport, ainsi que dans les parties ligneuses des plantes, je suis parvenu à dissoudre par les alcalis et éliminer cette matière, en laissant intacts les parois des tissus, sans même y opérer la moindre

déchirure perceptible au microscope; ainsi donc les matières azotées accompagnent partout et en proportions notables les très-jeunes tissus végétaux, mais n'en font point partie intégrante.

Nous avons vu que, par suite de la germination, les développements qui ont lieu aux dépens des substances nutritives accumulées dans les cotylédons, les périspermes et endospermes, assimilent et enlèvent aux graines ainsi graduellement épuisées, des proportions plus fortes des matières azotées que de la substance non azotée.

Cette première nutrition directe n'a lieu toutefois que jusques au moment où les graines réduites à leurs téguments propres et aux débris des tissus non assimilables, cèdent peu à peu aux influences désorganisatrices extérieures, se désagrégent et se décomposent en gaz, solutions et résidus, non assimilés, exclusivement du moins, par la plante issue de la graine.

Il en est de même de toutes les parties superficielles des plantes jeunes et vieilles, que les altérations diverses de la part d'agents extérieurs privent de vitalité.

Lorsque ces phénomènes se passent à l'abri de la lumière et hors des influences des émanations aériennes azotées, les développements plus ou moins considérables dus à la substance nutritive de la graine n'offrent jamais que des transformations avec une perte de substance qui s'élève depuis 11 jusques à 23 pour 100 du poids primitif.

Si après la germination, la végétation a lieu dans les mêmes circonstances, mais avec le concours de la lumière, les parties aériennes verdissent, décomposent l'acide carbonique de l'air, réparent tout ou partie de leurs pertes en poids, peuvent même dépasser le poids primitif; mais cette compensation est loin d'avoir toute l'importance que sa quantité indiquerait, car elle s'arrête lorsque la matière azotée manque, et celle-ci se répare bien plus difficilement que l'autre, si tant est qu'elle se puisse réparer dans de l'air atmosphérique, exempt de toute combinaison de l'azote, gazeuse ou tenue en suspension. Ces faits ont

été observés en pesant les graines, constatant la proportion d'eau qu'elles contenaient, les soumettant, soit à la germination, soit à une végétation prolongée, dans une cloche où l'air ne pouvait se renouveler qu'en traversant d'abord un long tube contenant de l'asbeste mouillée par de l'acide sulfurique étendu, et constatant le poids des graines et de leurs extensions radicellaires et foliacées à plusieurs époques de ces développements.

Les substances azotées qui, fournies par le sol, président à tous les développements végétaux, sont loin de suffire aux maxima des produits à récolter : pour ceux-ci les quantités varient et dépendent surtout des quantités d'azote contenues dans chacune des plantes cultivées; elles varient aussi, suivant que la plante doit être récoltée à certaines époques de son développement, avant ou après la formation de ses graines; elle dépend encore de la nature et de la proportion des débris de la végétation abandonnés sur le sol.

C'est ainsi que les pins et autres conifères, les vignes, plusieurs polygonées, etc. exigent le moins sous ce rapport, tandis que plusieurs espèce de choux, de solanées, de cucurbitacées, consomment le plus.

« Outre les développements théoriques sur la nutrition des vé-
« gétaux et l'appréciation rationnelle des substances azotées, utiles
« aux différentes cultures, » conséquences naturelles des phénomènes dont je viens d'exposer une description succinte, il est facile de voir que l'on sera conduit par ces résultats à des « appli-
« cations théoriques et pratiques relatives aux bois; à démontrer,
« par exemple, que la plupart des agents de la conservation des
« matières animales préservent le mieux ceux-ci de diverses alté-
« rations graves; à reconnaître la principale origine de l'azote
« trouvé dans les produits volatils de leur distillation, ainsi que
« dans les tourbes, les lignites et les houilles; à concevoir les
« procédés de blanchiment et d'épuration de la substance li-
« gneuse textile, par les alcalis qui dissolvent la matière azotée;
« à démontrer les influences défavorables sur la végétation de cer-

« tains débris des plantes, après qu'une première réaction a dégagé « la plus grande partie des produits azotés de la putréfaction, et « les moyens efficaces d'améliorer, par l'addition des débris ani- « maux, ou des bases alcalines, les terrains tourbeux, les terreaux « et terres de bruyères épuisés : tel est l'un des rôles importants « de la soude, de la chaux et de la potasse dans l'agriculture. »

J'ai cru devoir réunir en un tableau synoptique le résumé des analyses élémentaires qui confirment, en les montrant sous une nouvelle forme, les résultats des expériences consignées dans ce mémoire :

DÉNOMINATION des SUBSTANCES ANALYSÉES.	POIDS de la substance employée.	VOLUME de l'azote.	TEMPÉRATURE.	PRESSION.	CENDRES de la substance sèche.	EAU dans la substance normale.	AZOTE dans la substance normale.	AZOTE dans la substance sèche brute.	AZOTE de la matière organique pure.	CORPS AZOTÉS dans la matière organique pure.
	m.	cc.			(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Choux-fleur (bourgeons blancs).	666	62	21,5	76,4	11	90,7	0,991	10,66	11,97	71,82
Champignons de couches.....	511	35,25	12	77,8	14	95	0,449	8,989	9,787	58,722
Ovules du pisum sativum [1]....	845,5	54,5	17	76,42	5,5	83,2	1,260	7,519	7,95	47,70
Sève de bouleau [2].....	701	33	18	76,7	31	99,979	0,00001	5,5	7,91	47,46
Sève du pin laricio.....	480	22,5	15	76,4	25,83	99,645	0,00015	4,37	5,89	35,34
Radicelles d'orge germé.....	897	38	15,5	75,1	8	90	0,490	4,904	5,33	31,98
(Limbe) feuilles d'acacia.....	1,495	62,5	13,8	76,3	11,38	63,7	1,500	4,397	4,961	29,76
Conferva rivularis.....	641	22,5	17,5	75,6	17,66	7,10	3,764	4,051	4,919	29,51
Graines de lupin.....	806	27,6	12,85	76,25	3,3	10,5	3,489	4,351	4,500	27
(Limbe) feuilles de mûrier [3]...	765	27,5	13	76,30	15,56	72,1	1,000	3,606	4,270	25,62
Ovules de marronnier [4].....	764,4	26	20,1	76,4	5,20	84,83	0,470	3,100	3,803	22,82
Fleurs de vigne [5].....	827	22	19,2	76,70	8	81,4	0,571	3,071	3,338	20,03
Fucus saccharinus.....	1,170	32	13	75,5	28,6	76,5	0,539	2,290	3,212	19,26
Asperges [6].....	754	18	15	76,4	10	93	0,190	2,812	3,124	18,74
(Pétioles) feuilles du mûrier...	835,6	18,5	18	76,40	12	84,53	0,395	2,560	2,80	16,8
Feuilles de bruyère.....	1,082	18	11	76,3	4,75	60	0,758	1,897	1,991	11,94
Bois de chêne [7].....	1,485	9	7	75,9	0,3	44	0,406	0,725	0,727	4,362
Bois d'acacia.....	1,021	2,75	18	76,2	0,4	45	0,171	0,311	0,312	1,872
Bois de sapin.....	1,093	2	14	76,7	0,8	48	0,111	0,215	0,216	1,296

(a) Tous les nombres des six dernières colonnes s'appliquent à 100 parties en poids de chaque substance.

[1] Très-jeunes, ayant la grosseur des plus petits pois comestibles, et avant l'époque où la matière amylacée est sécrétée dans les cotylédons.

[2] Toutes les sèves dont il est ici question ont été extraites par déplacement, en faisant filtrer de l'eau distillée au travers des tiges ou des rameaux.

[3] Ces feuilles du mûrier noir, dont les pétioles et limbes ont été analysés séparément, étaient bien développées et avaient été cueillies le 10 juin.

[4] *Æsculus hippocastanum*. Extraits des fruits le 1er juin, ces ovules avaient de quatre à cinq millimètres de diamètre.

[5] Boutons clos extraits d'une grappe le 4 juin.

[6] On prit pour l'analyse le bout des turions blanchâtres coupés sous terre à cinq centimètres de longueur.

[7] Ces bois étaient débités depuis longtemps.

Afin de mieux faire ressortir les différences de composition entre les substances analysées, j'ai établi dans la neuvième colonne la comparaison sur la matière organique pure, éliminant les variations dues aux substances minérales et à l'eau interposée.

Les faits deviennent plus faciles encore à apprécier en examinant la dixième colonne, où la comparaison porte sur le poids des corps azotés contenus dans cent parties de la substance organique.

Ces dernières relations supposent 0,1666 d'azote dans les corps azotés que renferment les tissus végétaux, ce qui se rapproche des données relatives à la composition du gluten, de l'albumine végétale et encore de la substance qui constitue divers animaux, poissons et insectes.

On remarquera les fortes proportions de la matière azotée renfermées dans les organes de la floraison et de la fructification dans les radicelles, et dans l'un des champignons comestibles dont la croissance est le plus rapide; on voit que, dans son ensemble, le *fucus saccharinus* est abondant en corps azotés, tandis que les parties distinctes des végétaux phanérogames offrent entre elles de grandes différences sous ce rapport. En effet, les masses ligneuses contiennent de faibles proportions de substances azotées, tandis que les feuilles en renferment des quantités de cinq à dix fois plus considérables; et celles-ci, plus dans leurs limbes que dans leurs pétioles et nervures.

Enfin si l'on compare entre eux tous les résultats indiqués dans la dixième colonne de ce tableau, on restera frappé de l'importance des proportions des corps azotés dans les organes très-jeunes des plantes, et en général dans leurs parties douées d'une vitalité énergique. On sera disposé, peut-être alors, à se faire une idée plus grande et plus exacte du rôle dévolu à ces corps, qui forment de 12 jusqu'à 70 pour 100 du poids des organes végétaux, qui, d'ailleurs, ont une composition analogue à celle de l'immense variété des êtres doués de la vie animale.

CONCLUSIONS.

Le mémoire qui précède démontre :

1° Le genre d'action que le tanin peut exercer sur les radicelles, en se combinant avec leur matière azotée;

2° La présence, les états physiques et les proportions des corps azotés dans les organes et la séve des plantes;

3° L'importance du rôle que doivent jouer, dans le développement des végétaux, ces corps, d'autant plus abondants, que les organes sont plus jeunes et doués d'une vitalité plus grande;

4° La nécessité de déposer dans le sol les matières azotées qui doivent accomplir cette partie de la nutrition végétale;

5° La possibilité d'apprécier la valeur des engrais riches par le dosage de la matière azotée[1];

6° Dans l'altérabilité de la même substance, la cause principale des altérations des bois, et l'ordre des moyens à employer pour prévenir ces altérations;

7° La distinction qu'il paraît convenable d'établir entre les substances azotées renfermées dans les cellules ou les vaisseaux des plantes et les membranes végétales qui constituent ces cellules et vaisseaux.

Il reste à déterminer les propriétés et la composition chimique de ces membranes : tel sera l'objet de mes nouvelles recherches; plusieurs analogies entrevues durant ce travail me porteront à diriger d'abord mes investigations vers l'étude approfondie de la substance amylacée.

[1] En 1830, j'avais indiqué ce mode d'évaluation dans le grand Dictionnaire technologique, tom. XVII, p. 414 et 415.

MÉMOIRE

SUR

L'AMIDON, LA DEXTRINE ET LA DIASTASE,

CONSIDÉRÉS

SOUS LES POINTS DE VUE ANATOMIQUE, CHIMIQUE ET PHYSIOLOGIQUE,

ACCOMPAGNÉ DE FIGURES.

Depuis l'observation fondamentale de Leeuwenhoeck, l'étude de l'amidon a souvent touché aux points les plus élevés, aux questions les plus délicates de l'organographie, de la physiologie végétale et de la chimie organique; elle ouvre une carrière nouvelle aux efforts combinés de ces trois sciences, et prouve déjà, par d'immenses applications, que leurs procédés les plus exacts, les discussions les plus approfondies, n'ont rien de superflu à son égard.

Si l'on admet avec moi que la substance organique composant toutes les fécules amylacées possède de nombreuses propriétés physiques et chimiques, qui ne sauraient être les attributs ni des corps cristallisables, ni des substances enchaînées dans une organisation définitive; que, placée près des limites, entre les corps organisables et les véritables organes des êtres vivants, elle participe des deux natures, laisse apercevoir plusieurs degrés de ses transformations, tantôt vers l'un, tantôt vers l'autre de ces

deux états de la matière organique; que, partout où elle surabonde, placée en réserve pour fournir à de nouveaux développements, elle peut accomplir cette destinée sans exiger, comme le ligneux, pour devenir assimilable, de si profondes altérations qu'elles détruisent tout le tissu végétal en contiguïté; si on se la représente, au contraire, spontanément dissoluble à l'aide de transformations mécaniques et chimiques graduées, dont je crois être parvenu à comprendre, à expliquer les curieux phénomènes, alors, dis-je, on comprendra tout l'intérêt scientifique qui m'a paru s'attacher à ce travail.

Je rappellerai d'abord les principaux faits antérieurement publiés par différents auteurs.

RÉSUMÉ HISTORIQUE DES FAITS OBSERVÉS ET DES OPINIONS ÉMISES RELATIVEMENT À LA NATURE ET AUX CHANGEMENTS DE L'AMIDON.

1° Les anciens chimistes de l'école de Stahl avaient extrait de l'amidon, par la chaleur, du gaz inflammable, de l'huile et du charbon; ils n'eurent d'ailleurs aucune idée nette sur sa composition ni sur ses formes.

2° Les premières observations microscopiques faites par Leeuwenhoeck, il y a 120 ans, signalèrent la forme globuleuse des grains de la fécule et l'inégale résistance à l'eau bouillante de leurs parties internes et externes[1].

3° En 1785, le docteur Irvine indiqua la saccharification de la farine par le malt (Accum).

4° Vauquelin fit connaître, en 1811, la propriété que l'amidon possède d'être rendu soluble par une légère torréfaction; mais il ne détermina pas les résultats chimiques de cette réaction, ni les termes de la température auxquels on peut l'opérer. Bouillon Lagrange conseilla plusieurs applications de l'amidon torréfié pour remplacer la gomme dans l'encre et la teinture en

[1] « Antonii Leeuwenhoeck, regiæ quæ Londini est societatis collegæ, epistolæ physiologicæ, super compluribus naturæ arcanis.... Delphis, apud Adrianum Beman, 1719, p. 282.

noir. (*Bulletin de pharm.* t. III, p. 54, 216 et 395, et *Ann. de chimie*, t. XXXVIII, p. 248.)

5° En 1812, Kirchoff découvrit la conversion de l'amidon en sucre par l'acide sulfurique étendu. (MM. Vogel, Delarive, Biot, Persoz et Guérin-Vary déterminèrent ultérieurement les produits de cette réaction.) (*Journal de pharm.* t. II, p. 250.)

6° Kirchoff décrivit en 1816 des réactions spontanées qui, sous l'influence du gluten, altèrent l'amidon et le transforment partiellement en matière gommeuse et en sucre. (*Journal de pharm.* t. II, p. 250.) M. de Dombasle publia les résultats de ses expériences en grand à cet égard. (*Ann. de chim. et de phys.* t. XIII, p. 284.)

7° M. de Saussure, en 1818, conclut de ses expériences sur l'empois abandonné à l'air, que l'amidon se convertit spontanément en sucre et en quatre autres matières. (*Ann. de chim. et de phys.* t. II, p. 387, et t. II, p. 379.)

8° Vogel annonça que le sucre d'amidon subit la fermentation alcoolique et ne retient pas d'acide sulfurique; que celui-ci n'est pas décomposé dans la réaction : mais il crut que, dans sa transformation en sucre, l'amidon perd de l'eau. (*Ann. de chim.* t. LXXXII, p. 148.)

9° MM. Thénard et Gay-Lussac donnèrent une analyse exacte de l'amidon hydraté (*Recherches physico-chimiques*); M. Berzelius le combinait ensuite dans le même état à l'oxyde de plomb. (*Ann. de chim.* t. XCV, p. 82.)

10° M. Couverchel observa, en 1819, l'effet des acides oxalique, tartrique, malique, qui opèrent les mêmes changements; MM. Henry et Plisson annoncèrent que l'acide quinique les produit aussi. (*Bibl. brit. sciences et arts*, t. VI, p. 333; *Journal de pharm.* t. VII, p. 269; *Savants étrangers*, t. III, p. 234; et *Ann. de chim. et phys.* t. LXI.)

11° M. Lassaigne, en 1819, vit que l'amidon torréfié est neutre et ne donne pas d'acide mucique; que sa solution est colorée en rouge par l'iode et dépose de l'iodure bleu. (*Journ. de pharm.* t. V, p. 300.)

12° En 1821, M. Couverchel a dit que l'amidon, exposé deux heures au bain d'huile, ne perd que de l'eau et laisse une matière peu colorée, ne différant de la gomme que par une plus forte proportion d'eau. M. Robiquet, en 1822 (*Dict. techn.* t. II, p. 435), afin de montrer toute l'importance d'une température constante dans certaines réactions, cita la conversion au bain-marie de l'amidon en matière soluble.

13° MM. Gauthier de Claubry et Collin firent connaître, en 1824, un caractère important de l'amidon : la belle couleur bleue ou violette qu'il acquiert en s'unissant à l'iode. (*Ann. de chim.* t. XC, p. 92.)

14° M. Pelletier ajouta des observations intéressantes au fait qui précède. (*Bull. de pharm.* t. VI, p. 289.)

15° De 1823 à 1830, M. Dubrunfaut fit de nombreuses observations sur la saccharification de la fécule par les *grains* germés, et ses applications aux arts des distillateurs et des brasseurs, à la préparation des sirops économiques; il chercha le principe actif de ces réactions, et crut l'avoir trouvé d'abord dans l'*hordéine*, puis ensuite dans le *gluten soluble*. Ses expériences sont consignées dans les Mémoires de la Société royale et centrale d'agriculture, pour 1823, p. 146, et numéros de mai et de septembre 1830 de l'Agriculteur manufacturier.

16° Des essais analogues à ceux de Leeuwenhoeck, mais poursuivis à l'aide de liquides, ou de températures dont l'action énergique trompa l'observateur, firent considérer la substance interne de l'amidon comme de la gomme, et la partie extérieure comme un tégument ligneux : ce fut un pas rétrograde qui eut une longue portée.

Les recherches et les conclusions de Leeuwenhoeck étaient presque oubliées, lorsque M. Raspail parvint à exciter vivement l'attention des chimistes et des physiologistes en publiant, de 1825 à 1830, une série de recherches sur les fécules : il mesura les dimensions, décrivit les formes de plusieurs d'entre elles, et chercha à démontrer leur structure et leur composition chi-

mique. Si la plupart de ses ingénieuses hypothèses ont dû céder à l'inflexible rigueur des faits plus profondément scrutés, la science ne lui sera pas moins reconnaissante de l'impulsion utile qu'elle lui dut en cette circonstance. (Voy. *Ann. des sciences naturelles* t. II, et *Journal des sciences d'observation*, t. III, p. 216.)

17° Un point marqué sur les grains de plusieurs fécules fut aperçu par M. Raspail et plusieurs micrographes; on le nomma *hile*, le supposant l'indice d'une attache à la paroi de la cellule; autour de lui on vit distinctement parfois des lignes excentriques considérées comme des plis ondulés : jusque-là on regardait d'ailleurs les grains de l'amidon comme des vésicules pleines d'une substance homogène, que l'on compara même à la gomme arabique.

18° Les réactions chimiques observées par plusieurs savants (MM. de Saussure, Chevreul, Guérin, Lassaigne, Guibourt, Caventou, Planche, etc.), ainsi qu'un phénomène optique, découvert par M. Biot, prouvèrent que cette dernière substance n'était point de la gomme proprement dite.

19° M. Th. de Saussure communiqua, le 21 mars 1833, à la Société de physiologie et d'histoire naturelle de Genève, des recherches sur la formation du sucre dans la germination du blé : il attribuait cette réaction à une matière azotée formant les quatre centièmes du gluten, et qui saccharifierait seulement quatre fois son poids d'amidon : il l'a nommée *mucine*.

20° La découverte de la diastase, que nous fîmes en avril 1833, M. Persoz et moi, jeta un nouveau jour sur ces transformations naturelles, par un principe actif qui change en dextrine et en sucre deux mille fois son poids d'amidon. (*Ann. de chim.* t. LIII, p. 73, et t. LVI, p. 337.)

21° En mars 1833, M. Biot venait de lire à l'Institut un mémoire sur une propriété moléculaire optique, appliquée à caractériser les produits de la dissolution et de la conversion en sucre de l'amidon par l'acide sulfurique, lorsque j'offris à ce savant de lui montrer des réactions analogues opérées sur la fécule par une solution végétale exempte de toute acidité comme d'alca-

linité au tournesol et au goût. M. Biot voulut bien, dès le lendemain, répéter avec moi l'expérience : il reconnut que les produits de la réaction instantanée n'étaient certainement pas du sucre, pour la plus grande partie du moins. L'accueil empressé que ma proposition avait reçue devint l'origine d'un travail que M. Persoz et moi nous entreprîmes, et de la découverte que nous fîmes bientôt après de la diastase.

22° M. Beudant, ayant remarqué le très-petit volume du résidu de la réaction en grand de la diastase, devina que la fécule n'avait pas de tégument d'une nature particulière.

23° M. Lassaigne observa, en 1833, le joli phénomène de la décoloration et de la coloration alternatives de l'iodure bleu d'amidon, par l'élévation et l'abaissement de la température (*Journ. de chim. médicale*, t. IX, p. 510); j'y ajoutai plusieurs faits prouvant la contractibilité du composé bleu et sa précipitation par le froid, les acides et les sels neutres. (Même volume, p. 573, 635, 638; et *Ann. de chim.* t. LVI, p. 350.)

24° M. Caventou, puis M. Guibourt, chacun de leur côté, furent portés par plusieurs observations à considérer toute la substance de l'amidon comme un seul principe immédiat.

25° M. Turpin a fait observer que les plus petits grains de la fécule de pomme de terre sont sphériques, comme plus nouvellement nés; que sur les plus gros, irréguliers, on distingue clairement le hile; il a décrit et figuré les zones d'accroissement, plusieurs grains greffés deux à deux par approche, et M. Biot a trouvé jusqu'à trois grains entre-greffés ainsi. (*Ann. de chim.* t. LX, p. 46.)

26° M. Guérin détermina plusieurs circonstances de la réaction de la diastase, et fit connaître la composition du sucre qu'elle produit. (*Ann. de chim.* t. LX, p. 32.)

27° L'analyse et des apparences très-difficiles à discerner nettement firent croire à l'existence de trois corps différents dans chaque grain de fécule. (*Ann. de chim.*. t. LVI, p. 225.)

28° La composition, le poids atomique, les propriétés exten-

sibles et contractiles remarquables, furent alors reconnus identiques dans toute la masse féculente d'un grand nombre de fécules; je démontrai, en outre, les inégalités de cohésion dans les grains de différents âges, ainsi que dans la masse de chacun de ces grains en particulier; ces phénomènes indiquaient des couches superposées et une organisation spéciale; j'avais constaté l'identité chimique entre l'amidon et la dextrine, lorsque M. Dumas détermina la composition de cette dernière substance combinée anhydre; je reconnus ensuite le même poids atomique à la fécule. (*Ann. de chim. et de pharm.* t. LXI, p. 355, et t. LXV, p. 225.)

29° L'observation faite par M. Biot, dans le passage d'un rayon de lumière polarisée au travers d'un gros grain de fécule, lui permit d'annoncer dans ce grain une construction régulière et des couches d'inégales densités autour d'un axe, sans indiquer toutefois le mode d'arrangement ni la cause de la variation des densités.

30° M. Dutrochet, en constatant que l'amidon à l'état normal ne jouit pas d'un pouvoir d'endosmose sensible, a prouvé que ses grains ne contiennent aucune matière soluble directement à froid; il fit, ainsi que M. Dumas, des expériences microscopiques, que nous avons rapportées plus loin, sur l'action de la diastase.

31° De belles recherches microscopiques portèrent M. Fritzsche, à admettre dans les grains de l'amidon, des couches concentriques, dont il avait pu montrer, les apparences extérieures; on n'avait pas encore prouvé l'existence du hile lorsque l'on ne pouvait le discerner notamment sur les fécules des légumineuses et des graminées. (*Ann. de Poggendorff*, t. XXXII, p. 129.)

32° Parvenu à rompre un grand nombre de ses grains, je fis voir clairement que la masse intérieure de l'amidon est solide et insoluble dans l'eau froide.

A l'aide de plusieurs réactions nouvelles, je réussis à creuser et à évaser le hile même sur des fécules où il n'avait pas paru jusqu'alors, et à montrer les lignes des couches internes.

D'autres réactions déterminèrent enfin l'exfoliation des couches successivement enveloppantes, et je pus expliquer les inégales densités par les différentes proportions d'eau interposée dans les couches inégalement denses. Ces expériences répétées sur diverses fécules firent mieux apprécier leurs formes et les particularités de leur constitution; elles permirent de bien caractériser ainsi jusqu'aux granules amylacés que renferment les grains du pollen de plusieurs plantes aquatiques.

Alors aussi une foule d'anomalies apparentes disparurent; de nombreuses et importantes industries agricoles, et des applications économiques, furent créées, qui eurent pour base la connaissance exacte des propriétés physiques et chimiques de l'amidon; par suite enfin, je crois pouvoir l'espérer du moins, la physiologie végétale s'enrichira de notions nouvelles sur les phénomènes curieux de la formation, de la croissance et de la dissolution de la substance amylacée dans les tissus des végétaux; ces vues sont exposées, ainsi que les faits à l'appui, dans la troisième section de ce mémoire.

33° M. Pelouze a démontré que l'acide azotique se combine, équivalent à équivalent, avec l'amidon et forme ainsi la xyloïdine.

EXPOSÉ SOMMAIRE DES PRINCIPALES PROPRIÉTÉS DE L'AMIDON.

Une difficulté grave m'a longtemps arrêté dans la rédaction de ce mémoire : la voici, et voici comment je l'ai tournée ne pouvant la vaincre.

La description des formes et de la contexture des fécules devait précéder les autres données; mais, pour être entreprises avec succès, les nouvelles préparations microscopiques avaient dû être préalablement éclairées de toutes les lumières acquises à l'observateur par la détermination des propriétés de cette curieuse substance, de telle sorte que les phénomènes de rupture, d'expansibilité, de coloration, d'exfoliation et de dissolubilité, graduelles ou subites, sur le porte-objet ou dans les

actes de la végétation, fussent possibles à prévoir et permissent de diriger les observations, puis de discerner les véritables effets produits.

On admettra donc la nécessité où je me trouve conduit maintenant, pour me faire comprendre, d'exposer très-sommairement les conclusions principales des expériences successivement poursuivies, dans ces derniers temps, sur les propriétés et les réactions de la matière amylacée, avant de procéder à l'exposé méthodique qu'annonce le titre de ce mémoire.

Toute la substance de l'amidon est homogène dans sa composition et ses propriétés, sauf de légères différences de cohésion appréciables, et qui ont été mises à profit pour déterminer la structure intime ainsi que le mode de développement de l'amidon.

Ces différences peuvent être constatées, soit dans chaque grain d'une fécule quelconque, soit entre des fécules développées sous des influences diverses dans une même plante, soit enfin entre les fécules de végétaux différents.

L'amidon hydraté à chaud est dissous par la diastase, qui n'opère aucun effet de ce genre sur aucun corps connu. Cette propriété si caractéristique permet de reconnaître l'identité d'une substance qui affecte des formes si variables dans les diverses féculles amylacées.

L'amidon, dissous par la diastase comme par les acides, puis épuré du sucre que sa propre décomposition partielle a fait naître, est soluble dans l'eau froide et dans l'alcool étendu; à masse égale, sa solution dévie plus énergiquement à droite la lumière polarisée qu'aucune autre matière organique essayée: de là le nom de dextrine proposé par M. Biot et généralement adopté, qui désigna l'amidon devenu soluble dans l'eau froide sans que sa composition chimique fût changée.

Le sucre obtenu par une réaction complète de la diastase sur l'amidon est identique avec celui ou l'un de ceux qui peuvent résulter de la conversion du même corps par les acides.

L'amidon est désagrégé, puis rendu soluble, non-seulement par les acides et par la diastase, mais encore par une température convenable, qui, appliquée seule, opère même plus graduellement cet effet, suivant l'état d'agrégation des particules organiques et sans production de sucre; nous verrons comment ces propriétés facilitent l'exfoliation des couches d'accroissement.

La solubilité dans l'eau, obtenue par différentes voies, laisse à l'amidon son insolubilité dans l'alcool anhydre, et n'altère en rien sa composition élémentaire ni son poids atomique que nous ferons connaître plus loin.

Voici les propriétés qui (outre les réactions indiquées ci-dessus) caractérisent toute la substance amylacée à l'état normal: une insolubilité complète, directement et à froid, dans l'eau et dans l'alcool; une grande extensibilité et une contractibilité remarquables sous l'influence de plusieurs agents; la coloration bleue légèrement violette que lui fait acquérir la solution d'iode; l'augmentation et la prédominance de la couleur rouge dans cette combinaison, et sa plus grande instabilité suivant les progrès de la désagrégation des fécules; enfin la cessation de toute colorabilité par l'iode, dès que la désagrégation est portée au point d'offrir le maximum de solubilité à froid, c'est-à-dire le passage complet à l'état de dextrine.

L'amidon plus ou moins désagrégé se combine ainsi que la dextrine, et dans les mêmes proportions avec les bases; toutes les propriétés de la substance organique se retrouvent ensuite même avec les nuances dues à chacun des degrés d'atténuation de ses parties, lorsqu'on la dégage de son union aux bases; en cela elle se conduit de même que certains tissus de composition très-différente, la peau des animaux, par exemple, qui admettent certains corps en combinaison, comme le tanin, sans perdre leur structure.

L'eau peut être considérée comme remplissant les fonctions de base à l'égard de l'amidon et de la dextrine; elle est effectivement déplacée par une base plus énergique à l'aide d'une forte

dessiccation, ou peut rester combinée avec chacun des composants présentant alors l'union de deux hydrates.

Que l'on veuille bien admettre et se rappeler les faits ci-dessus, qui, d'ailleurs, seront démontrés plus loin, et l'on comprendra sans peine les moyens que j'ai mis en usage pour arriver à la connaissance positive de la structure intime des fécules.

DIMENSIONS, FORMES EXTÉRIEURES ET CONSTITUTION ORGANIQUE DES FÉCULES.

Les dimensions de plusieurs fécules ont été déterminées avec soin et exactitude, en 1825, par M. Raspail et par M. Dumas; cependant, comme j'en ai examiné un plus grand nombre, et que je me suis proposé de trouver les maxima en recherchant pour chaque plante les conditions de développement qui les produisent, j'ai cru devoir présenter ici, dans un tableau synoptique, les fécules rangées suivant l'ordre de leur plus grande longueur indiquée en millièmes de millimètre; quant aux dimensions les plus petites, on ne saurait les déterminer à des époques de développement assez précises pour que cela offrît beaucoup d'intérêt; pour d'autres, on arriverait, comme nous le dirons, à les observer en quelque sorte punctiformes ou sans grandeur appréciable dans les cellules où leur substance commence à s'organiser.

M. Raspail vient de donner, dans la dernière édition (1838) de son Système de chimie organique, les figures et dimensions des fécules de vingt plantes[1].

Neuf de celles-ci ont aussi fait l'objet de mes observations, parmi les quarante-neuf que j'ai décrites et figurées, planches I, II, III, IV, V, VI, VII et VIII.

[1] Elles y sont ainsi désignées : fécule de pomme de terre, du chara, du sagou, du lis des Incas, de fève, d'igname, de tulipe, de pois vert, anonyme des Antilles; de froment, d'iris, de tapioka, du petit millet, de massette, d'avoine, de seigle, de lentille, d'arrow-root, d'orge antique et de trappa.

Sur ces neuf fécules, telles que les a dessinées l'auteur, sept ne me semblent pas offrir des formes caractéristiques : deux seulement sont bien reconnaissables, celle de la pomme de terre, dont j'ai retrouvé et reproduit les formes, et une fécule dite arrow-root; quant à cette dernière, elle est souvent remplacée dans le commerce par d'autres fécules aussi agréables au goût : de là vient, sans doute, que M. Raspail n'aura pu se procurer, au lieu du véritable arrow-root, qu'un échantillon de la fécule de batates, dont il a représenté assez fidèlement les formes. Cela m'était d'abord arrivé, je m'en suis aperçu en examinant cette dernière; mon observation fut ensuite confirmée lorsque, ayant étudié directement la fécule dans les rhizômes du *maranta arundinacea*, j'ai pu déterminer et dessiner la configuration toute différente de ses grains.

On reconnaîtra facilement combien l'anatomie des fécules, dans l'ouvrage précité, diffère de celle que j'ai déduite de mes recherches; j'aurai soin, d'ailleurs, de faire remarquer plusieurs faits physiologiques du même ouvrage qui coïncident avec ceux que j'ai constatés.

TABLEAU DES DIMENSIONS MAXIMES EN LONGUEUR DES GRAINS DE DIFFÉRENTES FÉCULES, MESURÉES EN MILLIÈMES DE MILLIMÈTRE [1].

1	Tubercules des grosses pommes de terre de Rohan	185
2	Racine de Colombo (*menispermum palmatum*)	180
3	Rhizômes les plus volumineux du *canna gigantea*	175
4	——— du *canna discolor*	150
5	Rhizômes du *maranta arundinacea* (arrow-root du commerce)	140
6	Plusieurs variétés de pommes de terre	140
7	Graine du *chara hispida*	138
8	Bulbes de lis	115
9	Tubercules d'*oxalis crenata*	100
10	Graines du *chara vulgaris*	100

[1] Quelques-unes des plantes désignées ci-dessus, surtout parmi celles qui sont cultivées dans nos serres, pourraient sans doute, par un plus grand développement encore, produire des fécules plus volumineuses; mais il est probable que la plupart des relations, à cet égard, continueraient de subsister entre elles.

11	Tige d'un très-gros *echinocactus erinaceus* importé	75
12	Graines de grosses fèves	75
13	Sagou importé	70
14	Graines de lentilles	67
15	——— de haricots	63
16	Articulations du *chara hispida*	60
17	Graines de gros pois	50
18	Fruit du blé blanc	50
19	Sagou non altéré (fécule de la moelle fraîche du sagouier)	45
20	Grandes écailles des bulbes de jacinths	45
21	Base des pétioles d'un *cycas circinalis*	45
22	Tubercules de batates	45
23	——— d'*orchis latifolia* et *bifolia*	45
24	Fruit du gros maïs blanc, jaune et violet	30
25	Fruit du sorgho rouge	30
26	Tiges volumineuses du *cactus peruvianus*	30
27	Graine de *naïas major*	30
28	Tige de *cactus pereskia grandiflora*	22,5
29	Graine d'*aponogetum distachyum*	22,5
30	Tige du *ginkgo biloba* (*salisburia adianthifolia*)	22
31	Tiges de *cactus brasiliensis*	20
32	Suc des tiges du *chara hispida*	18
33	Fruit du *panicum italicum*	16
34	Graines de *naïas major*, à demi développées	16
35	Pollen du *globba nutans*	15
36	Tige du *cactus flagelliformis*	15
37	Tige d'*echinocactus erinaceus* de serre	12
38	Pollen de *ruppia maritima*	11
39	Tige d'*opuntia tuna* et *ficus indica*	10
40	—— d'*opuntia carassavica*	10
41	Fruit du gros millet (*panicum miliaceum*)	10
42	Tige de *cactus mamillaria discolor*	8
43	Écorce d'*aylanthus glandulosa*	8
44	Tige de *cactus serpentinus*	7,5
45	Racine de panais	7,5
46	Pollen de *naïas major*	7,5
47	Tige de *cactus monstruosus*	6
48	Graine de betterave	4
49	Graine du *chenopodium quinoa*	2

On remarquera dans ce tableau que la plus grosse fécule des tiges souterraines de la plus grosse variété de pommes de terre, du *menispermum palmatum* et du *canna gigantea*, ont en longueur

une dimension une fois et demie plus forte que celle de l'amidon le plus gros d'une graine (la fève, *faba vulgaris*), et quatre-vingt-dix fois la même dimension de l'amidon de la graine du *chenopodium quinoa;* les volumes comparés des mêmes fécules présenteraient de bien plus énormes différences, car les rapports, considérés il est vrai comme entre deux sphéroïdes, seraient comme 724,625 et 421,875 sont à 1; ainsi le volume de la fécule de fève serait 421,875 fois plus grand que le volume de l'amidon du *quinoa,* et celui de la fécule de pomme de terre de Rohan et du Columbo deviendraient approximativement alors au delà de 724,000 fois le même volume. Il est digne de remarque, peut-être aussi, que plusieurs fécules de graines et de tiges sont moins volumineuses que les granules d'amidon contenus dans des grains de pollen.

FORMES DES FÉCULES.

La configuration des grains de plusieurs fécules a été donnée par de très-habiles micrographes; mais, en ayant observé moi-même un plus grand nombre, et favorisé surtout par la certitude d'une structure interne particulière très-résistante, j'ai dû attacher plus de prix à des déterminations exactes, et constater plus facilement les formes et les dimensions des mêmes grains, vus dans plusieurs positions; j'ai cherché à voir leur plus ou moins grandes dépressions et les figures polyédriques qu'ils devaient fortement retenir après les avoir reçues d'une sorte de moulage par leurs adhérences mutuelles ou la pression exercée des uns sur les autres dans les cellulles des végétaux: il ne sera donc pas inutile de reproduire les figures que j'ai dessinées des fécules à l'état normal; elles serviront d'ailleurs de termes de comparaison pour mieux juger les effets de moyens appliqués à faire ressortir leur structure interne. Malgré une grande analogie apparente entre elles, malgré surtout de grandes variations dans les différents grains de chacune, la plupart ont une sorte

de physionomie spéciale qui ne permet pas de les confondre.

Le caractère commun à un grand nombre de fécules dans leurs formes externes est de présenter des contours arrondis toutes les fois que leurs grains baignent dans un suc très-aqueux, ou ne sont pas assez nombreux et volumineux à la fois pour remplir plusieurs cellules contiguës et au point d'être fortement comprimées les unes par les autres : dans ce cas, dont nous citerons plusieurs exemples, elles affectent des formes polyédriques.

FORMES DE LA FÉCULE DES TUBERCULES DE POMMES DE TERRE.

Cette fécule est figurée (pl. I, fig. *a*,); elle se distingue, surtout dans la variété dite de Rohan, par le fort volume de ses grains, par les formes de portions de sphéroïde et d'ellipsoïde qui les composent; enfin par la marque du hile et les traces ou lignes d'accroissement plus faciles à discerner que sur la plupart des autres fécules. Des déchirures s'observent sur des grains vieux ou très-volumineux, qui se rencontrent surtout dans les tubercules arrivés au maximum de leur développement; ces déchirures anguleuses partent généralement du hile.

FÉCULE DE LA RACINE DE COLOMBO (*menispermum palmatum*).

Deux particularités notables caractérisent cette fécule entre toutes les autres, outre le volume considérable de ses plus gros grains; ce sont, ainsi que le montrent les figures *a* de la planche III: 1° les protubérances mamelonnées qui semblent sortir du corps principal d'un grand nombre de ses grains; 2° la disposition du hile ou des fentes étoilées qui indiquent sa place sur la partie la plus volumineuse de chaque grain. Cette fécule est presque toujours composée de grains globuleux ovoïdes ou pyriformes, qui constituent le corps principal ou les gibbosités portant parfois des hiles spéciaux.

FÉCULE DES RHIZÔMES DU *CANNA GIGANTEA*.

Cette fécule est remarquable par les grandes dimensions que ses grains atteignent dans les rhizômes très-développés, et, plus tard, par leur désagrégation graduée, pour servir à la végétation des parties plus récentes de la plante. Quant à ses formes spéciales, elles présentent, comme le montrent les figures 1, 2, 3, 4 et 5 de la planche IV, en général une disposition du hile inverse de celle observée dans la fécule du Colombo; car, à partir de ce point d'accroissement, les grains, augmentant de volume par degrés, présentent souvent en projection des figures analogues à des poires, des fioles, des cornues, ou des bouteilles arrondies. Tous ces grains, à l'exception des plus jeunes, sont sensiblement aplatis; en sorte que, retournés avec précaution, ils présentent une épaisseur moindre des deux tiers ou des trois quarts que leur largeur.

FÉCULE DU *CANNA DISCOLOR*.

La même particularité d'aplatissement des grains, que nous venons de signaler, se retrouve dans cette fécule blanche et brillante (voyez planche V le même grain dans deux positions *a a'*); mais elle se distingue de la précédente par des formes qui se rapprochent de celle d'un écusson arrondi, plus ou moins court ou allongé, et au sommet duquel se trouve presque toujours situé le hile; souvent celui-ci est au milieu du bout déprimé; entre deux protubérances légères ou développées les lignes d'accroissement se voient généralement fines et nombreuses. On peut reconnaître ces configurations spéciales dans les figures 4 de la planche VI; plusieurs des grains très-allongés offrent des lignes d'accroissement qui ne reviennent plus envelopper le hile, mais en sont, au contraire, plus ou moins éloignées.

AMIDON CONTENU DANS LES DIFFÉRENTES PARTIES DU *CHARA*.

En examinant, sous le microscope, le *chara hispida* dont je me proposais d'analyser les membranes, je reconnus dans le suc de la tige des granules de cinq à quinze millièmes de millimètre, qui offrirent les caractères de l'amidon.

Les graines du *chara*, considérées d'après M. Adolphe Brongniart comme monospermes, et remplies d'un endosperme blanchâtre, contiennent en effet de la fécule, dont la présence fut indiquée par M. Raspail. J'ai cru devoir déterminer la nature de cette substance, sur laquelle un seul caractère observé, la coloration bleue par l'iode, pouvait laisser des doutes.

Les granules en question offrent, par leurs dimensions, leurs formes et leur consistance quelques caractères particuliers; ce qui les distingue surtout, c'est que les plus petits, au-dessus d'un demi et jusqu'à deux centièmes de millimètre, sont très-irréguliers, contournés ou gibbeux, tandis que les plus gros depuis trois jusqu'à quinze centièmes de millimètre, et plus particulièrement encore ceux qui ont des dimensions moyennes, approchent des formes régulières de sphéroïdes et d'ellipsoïdes, ainsi que le montrent les figures 4 de la planche VII, qui représentent l'amidon du *chara hispida*. Le suc des tiges contient des granules plus petits (voyez fig. 2), enfin dans les articulations la plupart des grains de fécule, figure 3, ont une conformation toute spéciale, fort allongée, offrant des soudures peu consistantes dans leurs corps cylindroïdes. Les grains d'amidon des articulations du *chara vulgaris* sont plus petits et la plupart globuliformes.

Plusieurs propriétés physiques et toutes les réactions chimiques prouvent l'identité parfaite de ces différents granules avec l'amidon.

FÉCULE DES BULBES DE LIS.

La plupart des grains bien développés de cette fécule très-

blanche sont pyriformes, plus ou moins allongés; leur hile est marqué généralement vers le petit bout; les lignes d'accroissement, fines et distinctes, s'écartent parfois du hile, en laissant une trace bien visible à la limite de leur séparation, planche VI, figure 1; quelques grains ont des sortes de côtes arrondies ou protubérances allongées, comme l'indiquent les deux figures *a a'* d'un même grain vu dans deux positions (planche VI, figure 2).

La fécule la plus développée dans les anciennes écailles est plus irrégulière, souvent gibbeuse, offrant des fractures en étoiles ou irradiées du trou d'accroissement (hile); celui-ci est quelquefois double sur un même grain, comme cela se remarque en général sur quelques-uns des grains de presque toutes les fécules. Comme presque toutes les autres encore, celle-ci est généralement globuleuse lorsqu'elle est très-jeune.

FÉCULE DES TUBERCULES D'*OXALIS CRENATA*.

Celle-ci se présente généralement en petits corps cylindroïdes ou légèrement coniques plus ou moins allongés, laissant voir les lignes d'accroissement, et leur hile rarement double, souvent étoilé sur les vieux grains. On reconnaîtra ces caractères assez tranchés dans les figures 4 de la planche IV.

FÉCULE DE L'*ECHINOCACTUS ERINACEUS*.

Dans un très-gros *echinocactus erinaceus*[1], importé en France et envoyé à M. Magendie, qui voulut bien me permettre d'en disposer, je trouvai, près du cylindre des faisceaux ligneux qui enveloppe la partie médullaire, des grains de fécule plus volumineux que dans aucun autre *cactus*, mais il ne s'en trouvait que de très-rares vestiges dans toutes les autres parties de cette énorme tige.

Cette fécule offrait quelques lignes circulaires concentriques

[1] Sa tige sphéroïdale avait quarante-cinq centimètres de diamètre moyen.

d'accroissement; elle était d'ailleurs remarquable par les formes irrégulières, généralement arrondies, mais dépendantes des rapports de position de ses grains; leur croissance avait été si longue que des fentes sinueuses étoilées annonçaient leur prochaine dislocation, et permettaient de les casser en segments par une légère pression. Nous démontrerons plus loin que tous ces caractères résultent naturellement de l'âge de la plante et de l'abondance des sucs aqueux qui remplissent ses cellules.

FÉCULE DU SAGOUIER.

Le sagou du commerce nous arrive en globules légèrement fauves ou blancs. Ce sont des agglomérations roulées, composées d'un grand nombre de grains de fécule, la plupart offrant des modifications de formes et l'évasement du hile, dus à l'élévation de la température lors de leur préparation. On peut reconnaître sur plusieurs aussi (pl. IV, fig. 10 et 11), les effets de la présence de l'eau au moment du traitement à chaud; cette dernière réaction est surtout indiquée par les formes de la fécule du sagou blanc (fig. 11). Nous y reviendrons plus loin en décrivant les divers phénomènes produits par certains degrés de température, soit à sec, soit en présence de l'eau[1].

La fécule extraite à l'état normal de la moelle du sagouier cultivé au Jardin du roi présente une configuration remarquable: beaucoup de grains affectent sensiblement, dans la moitié de leur volume, la forme d'un hémisphère, tandis que l'autre moitié du même grain est polyédrique, souvent à six faces latérales aboutissant à une face courbe hexagonale. (Voyez les figures 5 et 6 de la planche IV.) On se fera encore une idée de cette forme en la comparant à une demi-sphère, posée sur la base d'une py-

[1] Ces caractères semblent mettre hors de doute la préparation à *chaud*, jusqu'ici contestée, du sagou. Voyez l'article *Sagou* du Dictionnaire de MM. Mérat et Delens, les Observations de MM. Raspail et Caventou, un Mémoire de M. Poiteau (*Journal de Chimie médicale*), 1835, et des Recherches sur l'histoire du sagou, par M. Planche, 1837.

ramide à six faces, tronquée par une surface courbe hexagonale; ces deux parties ayant un axe commun qui traverse le hile, et l'ouverture de celui-ci étant marquée à la superficie de la portion sphérique; cette configuration tient évidemment à la pression qu'ont exercée les uns sur les autres les grains se développant en contact.

La fécule extraite de la base des pétioles du *cycas circinalis*, sur un stipe ayant de quatre à cinq ans, offre une conformité remarquable dans les parties polyédriques et les portions sphériques de ses grains avec la fécule provenant de la moelle de ce sagouier : on y trouve, correspondant aux mêmes points, le hile ainsi que les lignes circulaires d'accroissement; les agglomérations de ces grains sont aussi semblablement disposées dans les cellules.

AMIDON DES COTYLÉDONS DE FÈVES.

Ses grains se distingent de tous les précédents par les bords généralement sinueux de leurs projections, les ondulations marquées de leur surface, la difficulté d'apercevoir, directement du moins, leurs lignes d'accroissement, bien que l'on parvienne à discerner, près de leurs bords, deux ou trois épaisseurs apparentes, et encore par l'absence ou plutôt l'invisibilité directe du hile, comme par la dépression inégale de tous les grains volumineux, dépression qui réduit d'un tiers ou de moitié la surface de leur projection, lorsqu'on les fait tourner sur leur grand axe d'un quart de circonférence. Les figures 3, de la planche IV montrent ces formes et plusieurs grains tournés sous deux ou trois positions : *a a'*, *b b'*, *c c'*. En les comparant aux figures de la fécule des pois, on verra que celle-ci diffère par une plus faible épaisseur et par des dépressions plus fortes, suivant des lignes qui se réunissent dans l'axe.

Dans les fèves volumineuses presque mûres, on trouve des grains d'amidon, parmi les plus gros, qui sont sinueux et con-

tournés en demi-arc de cercle, ou terminés par un crochet, ou même encore bifurqués irrégulièrement.

AMIDON DES COTYLÉDONS DE POIS (*pisum sativum*).

Les figures 4 de la planche VII montrent les différences que nous venons d'indiquer entre cette fécule et la précédente, ainsi que les divers aspects d'un même grain *a*, *a'*, *b*, *b'*, *b''*. On remarquera surtout dans les fortes dépressions canaliculées qui sillonnent ses grains, la cause de l'erreur qui a fait dessiner, par un habile observateur étranger, une sorte de hile allongé et dans l'axe. En effet presque tous les grains vus de trois quarts offrent cette apparence, il a fallu tourner un grand nombre de grains entre deux lames de verre et les dessiner chacun dans plusieurs positions, pour dissiper toute illusion optique à cet égard. Je suis parvenu, d'ailleurs, à démontrer, par un procédé général indiqué plus loin, la forme et la position du véritable hile, figure 5, presque invisible à l'état normal.

AMIDON DES BLÉS DURS ET TENDRES.

L'examen attentif de l'un des beaux types des blés blancs, la tuzelle de Provence, et des espèces de blés durs bien caractérisés, notamment le blé de Pologne et le blé de Taganrock (*triticum polonicum* et *triticum durum*), montre, dans leurs grains d'amidon une physionomie toute particulière. Bien développés, ils sont irrégulièrement aplatis ou plutôt lenticulaires et à rebords arrondis; l'une de leurs faces est ordinairement plus proéminente, et le sens des fractures étoilées, qui s'y aperçoivent quelque fois, indique vers leur sommet le siége du hile.

Pour bien discerner cette structure, il est indispensable de faire rouler lentement les grains dans l'eau, entre deux lames de verre, sans les quitter de l'œil sous le microscope; on parvient alors à les voir sous plusieurs faces, comme l'indiquent en *a*, *a'*,

a'', la figure 7 de la planche IV. On ne saurait cependant démontrer directement ainsi l'emplacement du hile : nous verrons plus bas comment on y peut parvenir. Les grains de cette fécule sont d'autant moins déprimés et approchent d'autant plus des formes de sphéroïdes ou d'ellipsoïdes, qu'ils sont plus jeunes et de plus petites dimensions.

FÉCULE DES TUBERCULES DE BATATES (*convolvulus batatas*).

Cette fécule, si complétement exempte de toute saveur étrangère qu'elle peut, à cet égard, soutenir la comparaison avec les fécules de *canna discolor*, de *maranta arundinacea*, du sagouier et des orchis, se distingue de toutes celles que nous avons décrites dans ce mémoire, par la configuration d'un grand nombre de ses grains, ainsi que le montrent les figures 14, 15 et 16, de la planche IV.

Ils paraissent tronqués vers le bout opposé au hile ; les bords arrondis prouvent cependant que ce n'est pas véritablement une coupure ; on aperçoit parfois une ligne courbe rentrante qui annonce dans cette surface déprimée une partie creusée comme le fond des bouteilles ordinaires à vin. Il y a réellement en cet endroit une cavité, qui, peu profonde, devient sensible lorsqu'elle reçoit par hasard le bout arrondi d'un autre grain : nous verrons bientôt comment on la fait prononcer davantage. Beaucoup de ses grains semblent sphériques parce qu'ils reposent sur leurs faces déprimées ; on s'en aperçoit en les forçant de changer de position et de se coucher sur les parties arrondies.

La plupart des autres grains ont pour cachet particulier d'offrir des formes polyédriques, ou des surfaces courbes légèrement rentrantes d'un côté ou vers l'un des bouts, tandis que la portion opposée est en général arrondie et convexe.

Le hile et les lignes d'accroissement se voient aisément sur ces grains, ce qui les distingue de plusieurs autres fécules à formes polyédriques. (Voyez les figures 14 de la planche IV.)

FÉCULES DES TUBERCULES D'ORCHIS (*salep*).

Cette fécule est en grains généralement ovoïdes, plus ou moins irréguliers; le hile est situé sur la partie la plus volumineuse ou le gros bout du grain.

Dans un grand nombre de ces petits tubercules, tous les grains de fécule sont soudés et offrent des masses amorphes qui remplissent les cellules; ce caractère dépend, sans doute, de la température élevée à laquelle la dessiccation a commencé; les tubercules étant alors très-humides, la fécule a dû former empois en s'hydratant dans chaque cellule; de là encore la demi-transparence de la plupart des petits tubercules secs.

Les configurations naturelles de cette fécule sont bien mieux observées sur les tubercules à l'état sain; on a extrait de ces derniers les grains dessinés, planche IV, figures 17 et 18.

La fécule figure 17 vient des tubercules d'*orchis bifolia :* on voit que plusieurs de ses grains globuliformes offrent deux portions coniques sur le même axe; on voit, en outre, sur quelques-uns deux hiles marqués sur la partie sphérique.

Les grains de la fécule d'*orchis latifolia* sont la plupart sous forme de sphéroïde, munis d'un ou de deux hiles, mais presque tous se terminent par un seul cône à pointe mousse ou arrondie. (Voyez les fig. 18.)

FÉCULE DES BULBES DE JACINTHE.

Bien que cette fécule ait une analogie évidente, et à laquelle on devait s'attendre, avec celle des lis, on peut l'en distinguer à ses contours généralement plus irréguliers, à la position du hile sur le bout souvent le plus volumineux, et surtout, enfin, à la courbure qu'affecte la partie moyenne, et qui fait paraître en saillie et plus éclairés ses deux bouts arrondis. (Voyez les fig. 12, pl. IV.)

Dans les écailles extérieures où les développements ont été le plus longtemps prolongés, on trouve un grand nombre de grains étoilés, fendus, et d'autres commençant à s'exfolier. Cela tient à un phénomène physiologique général sur lequel nous reviendrons.

AMIDON DES GRAINS DE GROS MAÏS BLANC, JAUNE ET VIOLET.

Outre les différences physiologiques dont nous parlerons à la fin de ce mémoire, et qui résultent des époques de développement et de dissolution des fécules, on remarquera entre les grains d'amidon du même âge, dans un même grain de maïs, de grandes variations de formes. Toute la partie cornée ou demi-translucide adhérente au tissu en contact avec l'épiderme d'un de ces fruits présente ses grains de fécule tellement serrés et enchâssés dans une masse commune, fortement pressée de toutes parts entre les cellules voisines, que tous ces grains ont une forme polyédrique, et qu'on parvient à en rompre plusieurs sans les désagréger les uns des autre; c'est que fait voir la figure 20, planche IV. Ce grand rapprochement des parties, observé par M. Raspail, explique la demi-transparence de la substance cornée et la rudesse de la farine de maïs; quant à la portion farineuse des autres parties, qui se rapproche du cotylédon et qui est d'autant plus abondante que le maïs offre plus de blancheur et d'opacité, celle-ci contient un grand nombre de grains libres, les uns globuleux, pyriformes, ovoïdes; les autres offrent, d'un côté, des formes arrondies, et, de l'autre, des faces polyédriques, comme l'indiquent les figures *a*, *b*. Sur quelques-uns on parvient à distinguer le hile.

AMIDON DES GRAINES DE SORGHO ROUGE (*sorghum vulgare*).

Cette graine, dont la plante coupée jeune produit un fourrage abondant, doit l'infériorité de sa farine grossière à la difficulté

d'en éliminer le son ; car, bien que la plupart des grains de la fécule affectent des formes polyédriques (voyez la pl. IV, fig. 22), résultant de la pression qu'ils ont éprouvée les uns contre les autres, ils sont presque tous libres. On aperçoit, sur l'une de leurs faces arrondies, quelques fentes irradiées d'un centre qui marque la position du hile.

FÉCULE DE LA TIGE D'UN *CACTUS PERUVIANUS*.

Un grand nombre de *cactus* cultivés en serre ne contiennent pas ou renferment seulement des traces d'amidon. Il m'a fallu rechercher, pour chacun d'eux, les plus développés, sans qu'ils fussent trop vieux, pour arriver à bien déterminer les formes de leurs grains de fécule et leurs plus fortes dimensions ; celles-ci toutefois pourront, comme je l'ai observé sur un volumineux *echinocaetus erinaceus* (voir page 64), s'élever encore dans d'autres circonstances de végétation[1].

Les grains de fécule de ce *cactus* sont en général sous formes de sphéroïdes ou d'ellipsoïdes ; on y peut parfois apercevoir le point d'insertion du hile, plusieurs des lignes d'accroissement, et quelques légères ondulations à leur superficie ; un grand nombre de ces grains offrent évidemment la réunion de deux ou de trois d'entre eux, ainsi que le font voir les figures 21 de la planche IV.

AMIDON DE LA GRAINE DU *NAÏAS MAJOR*.

Les grains d'amidon de cette graine sont, en général, globuleux ou ovoïdes, quelquefois légèrement déprimés dans le milieu des deux faces opposées. (Voyez les figures 4 de la planche VIII.)

[1] Je dois à l'extrême obligeance de MM. les professeurs du Jardin du roi, ainsi qu'à M. Neumann, chef des serres, à MM. Cels et Duvillers, membres de la Société royale d'horticulture, d'avoir pu faire varier mes observations sur un grand nombre de *cactus*, sur les rhizômes de plusieurs *canna*, les racines du *menispermum palmatum*, les tubercules d'orchis, les féculles de la moelle et des pétioles du sagoüier (*cycas circinalis*), du *ginkgo biloba*, le pollen du *globba nutans*, *etc. etc.*

Lorsque la graine n'est qu'à demi développée, les grains d'amidon ont une dimension moitié moindre, fig. 3.

FÉCULE DE LA TIGE DU *CACTUS PERESKIA GRANDIFLORA*.

Sur une branche de trois millimètres provenant d'un individu ayant trente-quatre centimètres de haut, j'ai trouvé les cellules de la partie médullaire complétement remplies de fécule plus grosse là que partout ailleurs; les grains de celle-ci portaient des hiles bien marqués ainsi que plusieurs de leurs lignes d'accroissement.

Leurs formes assez irrégulières montraient des résultats évidents d'adhérence entre les grains, ainsi qu'on en peut juger par des configurations polyédriques ou portions planes de plusieurs de ces grains, dessinés planche VI, figure 25.

AMIDON DES GRAINES *D'APONOGÊTUM DISTACHYUM*.

Quoique de petites dimensions, les grains de cette fécule laissent voir le point de leur hile; leurs formes sont quelquefois tout arrondies. Sur beaucoup d'entre eux on remarque une sorte d'enfoncement ou des dépressions plus ou moins étendues; on remarque encore, ainsi que l'indiquent les figures 23 de la planche IV, un assez grand nombre de ces grains terminés par des faces polyédriques ou tronquées, analogues à celles qui caractérisent la fécule de bâtates, fécule que ses dimensions ne permettraient pas de confondre, sous le microscope, avec celle-ci.

FÉCULE DU *GINKGO BILOBA* (*salisburia adianthifolia*).

Une branche ayant 27,5 millimètres de diamètre contenait dans le tissu médullaire, dans les couches ligneuses et dans l'écorce, une fécule très-remarquable par ses formes très-sinueuses, échancrées, à faces polyédriques souvent aplaties, allongées, offrant des protubérances latérales.

FÉCULE DU *CACTUS BRASILIENSIS*.

Les grains de cette fécule sont remarquables, comme on le voit dans la figure 26 de la planche VI, par leurs irrégularités. Non-seulement les bords de la projection sont en général sinueux et leur superficie est gibbeuse, mais encore des portions plus effilées et courbes offrent l'apparence d'une sorte des crochet; ni le hile, ni les lignes d'accroissement ne sont nettement perceptibles.

AMIDON DU FRUIT DU *PANICUM ITALICUM*.

Presque tous ses grains d'amidon sont terminés par des formes polyédriques fort analogues à celles des grains amylacés du maïs, dont ils se distinguent par leurs petites dimensions. On y trouve aussi, dans la partie cornée, des agglomérats de grains solidement enchâssés dans les cellules; ils sont soudés par une forte pression. (Voyez les figures 27 de la planche IV.)

AMIDON DU POLLEN DE *GLOBBA NUTANS*.

Les grains de ce pollen, les plus développés surtout, contiennent plus ou moins abondamment dans leur fovilla des granules offrant les principaux caractères de l'amidon, et sur l'analyse desquels nous reviendrons plus tard. La figure 7 en *a b*, planche VIII, montre ces granules, la plupart de formes elliptiques, souvent courbes, offrant alors une configuration analogue à celle d'un concombre. J'ai indiqué, sur une partie des granules sortis par l'explosion naturelle d'un grain de pollen, la coloration bleue que leur communique l'iode, tandis que ce corps teint en jaune les membranes, et laisse presque sans couleur la partie fluidiforme du fovilla.

FÉCULE DU *CACTUS FLAGELLIFORMIS*.

Les grains les plus développés de cette fécule, dans une forte tige, offraient, comme le montrent les figures 28 de la planche IV, une projection à bord sinueux et une dépression sensible au milieu; ils étaient aplatis, en sorte que leur épaisseur se trouvait moindre d'un tiers environ que leur largeur maxime : plusieurs grains paraissent doubles.

FÉCULE DE *L'ECHINOCACTUS ERINACEUS* CULTIVÉ EN SERRE.

Ses plus gros grains, pris près de l'axe de la tige, sont globuliformes : un petit nombre sont doubles; au centre même se trouvaient des grains à bords irréguliers, qui semblaient avoir été altérés dans leur structure. (Fig. 29, pl. IV.)

FÉCULE DU POLLEN DE *RUPPIA MARITIMA*.

Les grains de cette fécule sont plus ou moins irrégulièrement arrondis ou oblongs; les plus gros sont, la plupart, déprimés au centre; plusieurs sont cylindriques, terminés par des bouts arrondis; leur corps est plus ou moins courbé, en sorte que, parfois, ils simulent ainsi un cylindre contourné en couronne. (Pl. VIII *b c*, fig. 1.)

FÉCULE DE LA TIGE DU *CACTUS OPUNTIA TUNA*.

Grains globuliformes; plusieurs doubles. Une fécule semblable, à grains un peu plus petits et surtout plus rares, s'est trouvée dans le *cactus opuntia ficus indica*. (Pl. IV, fig. 30.)

FÉCULE DU *CACTUS OPUNTIA CURASSAVICA*.

Très-peu abondante; elle offre plusieurs grains doubles ou

allongés, à bords et superficie légèrement ondulés. (Pl. IV, fig. 31).

AMIDON DU FRUIT DU MILLET (*panicum miliaceum*).

Les grains de cet amidon sont de formes polyédriques, et fort analogues à ceux du *panicum italicum*. (Voyez les fig. 33 de la pl. IV.)

FÉCULE DU CACTUS *MAMILLARIA DISCOLOR*.

Ses grains, arrondis ou à bords sinueux, sont semblables à ceux de la fécule des *cactus opuntia tuna* et *curassavicus*, quoique plus petits. (Voyez fig. 34, pl. IV.)

FÉCULE DE L'ÉCORCE DE L'*AILANTHUS GLANDULOSA*.

Cette fécule se montre en grains très-irréguliers, généralement polyédriques. (Fig. 35, pl. IV.)

FÉCULE DE LA TIGE DU *CACTUS SERPENTINUS*.

Ses grains, analogues à ceux des fécules de plusieurs *cactus*, sont arrondis, montrent quelques lignes d'accroissement et quelques ondulations à leur surface : on y rencontre des grains doubles. (fig. 37, pl. IV.)

FÉCULE DE LA RACINE DE PANAIS.

Tous les grains de cette fécule offrent une projection arrondie et une portion de cercle concentrique, marquant, comme l'indiquent les figures 36, planche IV, une ondulation circulaire à leur superficie.

AMIDON DU POLLEN DU *NAÏS MAJOR*.

Presque tous les grains cylindroïdes de cet amidon offrent une incurvation plus ou moins prononcée : les plus petits sont ovoïdes. (Voir en *a*, *b*, les fig. 2, pl. VIII.)

FÉCULE DU *CACTUS MONSTRUOSUS*.

Cette fécule, en grains assez rares, est en général globuliforme; elle montre peu de grains doubles. (Pl. IV fig. 38.)

AMIDON EN LA GRAINE DE BETTERAVES.

Il se présente en grains sensiblement sphériques, qui se rapprochent beaucoup à tous égards de ceux de la graine de *chenodium quinoa*. (Voyez fig. 39, pl. IV).

AMIDON DE LA GRAINE DU *CHENOPODIUM QUINOA*.

Les grains de cet amidon sont les plus petits que j'aie observés dans les graines venues à maturité ; ils sont globuliformes ou ovoïdes, comme l'indiquent les figures 40, planche IV.

PREMIÈRE SECTION.

ANATOMIE DE L'AMIDON.

Rupture des fécules, examen de leurs parties internes. — Ouverture du hile jusqu'au centre des grains, etc. vue des couches d'accroissement. — Dissolution de la couche superficielle des fécules. — Exfoliation des couches solides qui composent chacun des grains d'amidon.

RUPTURE DES FÉCULES ET EXAMEN DIRECT DE LEUR SUBSTANCE INTERNE.

Au début de ce travail, je crus devoir m'occuper des moyens de rompre les grains d'amidon sans altérer leur substance, d'éviter même tout broyage ou frottement énergique; je renonçai aux sections par des lames tranchantes, parce qu'elles exigeaient un scellement préalable avec une matière étrangère.

L'écrasement par une pression graduée me parut de beaucoup préférable; mais, afin de diminuer encore la force à employer et les altérations que je craignais tant, je recherchai à quel état et dans quelle plante l'amidon offrirait moins de résistance. Après de nombreuses, tentatives qu'il serait trop long de rapporter ici, je reconnus que les tubercules des pommes de terre volumineuses, et obtenues sous l'influence d'une longue végétation, contenaient dans certaines parties de leur tissu, la plus grosse fécule, et que les grains de celle-ci résistaient le moins à la pression.

A tous ces égards, la variété dite de *Rohan* me parut mériter la préférence; je trouvai effectivement, dans un de ses tubercules venus à maturité, une fécule dont la plupart des grains étaient légèrement fêlés en étoiles à partir du hile; quelques traces des fentes se prolongeaient dans l'axe et se ramifiaient des deux côtés de celui-ci.

En comprimant entre deux lames de verre la fécule des pommes de terre venues à maturité, on rencontre ensuite sous le microscope un grand nombre de grains plus ou moins profondément fendus, étoilés, ou séparés en deux ou plusieurs fragments.

La planche II montre : 1° les grains tels qu'ils se trouvaient dans les cellules de la pomme de terre ; 2° les ruptures opérées par une légère pression, et 3° les fragments gonflés dans toutes leurs parties internes et externes par une faible solution de soude.

De *a* en *a'* et *a"*, les figures représentent les grains de fécule extraits d'une pomme de terre de Rohan parvenue à sa maturité complète. On voit l'un des grains les plus développés, ayant une longueur de 180 et 185 millièmes de millimètre.

a" grains plus largement fendus que les précédents.

b, gros grains plus fendillés encore.

Toutes les figures suivantes, jusques et comprise la figure *j*, montrent des grains de la même fécule rompus à l'aide d'une légère pression.

e, e, e, grains rompus jusqu'au centre.

f, f, face interne de deux grains cassés en deux fragments, laissant voir une cavité autour de l'axe.

f', moitié d'un grain vue latéralement.

g, tronçon d'un grain séparé en trois parties.

g' et *g"*, morceaux laissant voir à nu la substance interne sur deux côtés.

g"', fragment montrant sur quatre de ses faces la substance intérieure à cassure rayonnée.

h, grain allongé, rompu en deux parties très-irrégulières qui indiquent encore un axe correspondant au hile.

i, i', grains sphéroïdes cassés.

j, grain ellipsoïde rompu en trois, suivant des sections partant du centre.

Tous ces grains, librement accessibles dans leurs parties

internes, ne cèdent à l'eau froide rien qui puisse être coloré par l'iode.

k, moitié d'un grain commençant à se gonfler par une solution alcaline.

l, *m*, menus fragments ou quartiers de grain gonflés par la même solution (contenant 0,01 de soude).

n, *o*, grains moins brisés, dont le gonflement a effacé les angles des fractures.

p, grain très-irrégulièrement brisé : toutes les arêtes des fractures se sont arrondies en se tuméfiant par le même réactif.

Ces figures, dessinées sous le microscope, prouvent que la substance intérieure de la fécule est consistante et extensible à froid sous l'influence des alcalis caustiques : nous verrons plus loin qu'elle offre avec l'eau, l'iode, la diastase, les acides, etc. des réactions semblables à celles que donnent les grains entiers.

Ainsi donc la nature consistante, l'insolubilité dans l'eau froide, de toute la masse interne de l'amidon, ne peuvent plus être l'objet d'un doute; cette épreuve décisive a été répétée sur diverses fécules : nous nous bornerons à en citer ici deux exemples encore.

L'amidon des pois (*pisum sativum*), dont on voit deux grains rompus figure 4, en *e*, *f*, planche VII, offre aux réactifs une résistance due à sa plus forte cohésion, mais qui, une fois vaincue, laisse manifester tous les phénomènes caractéristiques de la substance amylacée; résistance remarquable, d'ailleurs, que nous apprécierons plus loin. Il se rompt ordinairement en deux parties à peu près égales, suivant la ligne médiane de dépression qui réduit son épaisseur et sa force; les fragments ne laissent rien dissoudre, ils offrent à l'intérieur les propriétés que manifestent toutes les réactions chimiques sur l'amidon intact.

La fécule du *canna discolor* fortement comprimée montre par la forme de ses ruptures (figure 5, planche VI) et par l'extension de ses grains, qu'elle est assez flexible pour s'étendre très-sensiblement avant de rompre, toutefois ses parties internes pré-

sentent les mêmes propriétés physiques et chimiques que les couches externes, sauf encore de légères modifications dues aux différences de cohésion.

Les graines bien développées du *chara vulgaris* et du *chara hispida*, qui ont un diamètre de 0,50 à 0,75 de millimètre, contiennent des grains de fécule dont les plus volumineux s'écrasent entre deux lames de verre par la pression des doigts; ils sont alors fendillés en étoiles, à partir d'un hile que l'on n'aperçoit pas toujours (pl. VII, fig. 4 et 5 en *a, b, c, d, e,*), et se propagent parfois suivant un axe. (Voyez en *f, g.*) On distingue les zones d'accroissement sur plusieurs d'entre eux (*h, i, j, k*).

Les grains d'amidon les plus volumineux dans les vieilles graines se désagrègent quelquefois en donnant lieu aux petites sphérules amylacées dont j'ai signalé la présence dans les vieux tubercules des pommes de terre. (Voyez pl. III, fig. 9 en *a, b, c.*)

Tous ces grains, ainsi que ceux des tiges et des articulations, peuvent être gonflés au point de presque centupler de volume, par les solutions contenant un centième de soude ou de potasse. Ils se colorent de nouveau en bleu par l'iode, si on sature préalablement l'alcali ; ni l'ammoniaque, ni l'acide acétique n'attaquent leur substance, qui est dissoute par l'acide chlorhydrique, et se peut transformer en dextrine et en sucre par l'acide sulfurique et la diastase. Ils sont donc entièrement formés d'amidon; chimiquement ils diffèrent beaucoup des jeunes organes, surtout des organes reproducteurs *des végétaux, par les très-faibles proportions de substances azotées* qu'ils recèlent.[1]

[1] *Composition chimique du pollen du chara.*

Les vésicules de couleur orangée qu'on voit sur les rameaux du *chara* contiennent, comme on le sait, des cellules très-longues et souples. J'ai reconnu que leurs minces membranes ont la composition chimique du tissu végétal, tandis que les subtances renfermées par elles offrent la composition azotée propre aux corps enveloppés dans les plus jeunes organes des plantes.

Ces résultats analytiques me semblent être des conséquences naturelles de la nature physiologique des organes reproducteurs du chara, telle que M. Brongniart l'a indiquée, non-seulement quant à la graine monosperme, mais encore relativement aux substances azotées contenues dans les membranes végétales qui se rapporteraient au pollen de l'organe mâle.

Ces faits chimiques seraient encore en harmonie avec les observations de M. Meyen et celles

ACCROISSEMENT DU HILE DANS L'AMIDON DE DIFFÉRENTES ORIGINES, ET VUE DES COUCHES CONCENTRIQUES INTERNES.

Le hile, très-facile à observer sur certaines fécules, n'est pas discernable aux plus forts grossissements sur beaucoup d'autres; j'ai pensé qu'il serait possible de démontrer sa présence en le faisant paraître à l'aide d'une contraction opérée par une dessiccation assez forte, et de faire ressortir la différence de cohésion dans cette partie des grains amylacés.

En effet, la substance le moins fortement aggrégée, plus distendue par l'eau dans l'état normal, doit plus diminuer de volume que les autres; offrant, d'ailleurs moins de résistance, elle cède à elle seule aux différences du retrait opéré sur toutes les autres. Le hile doit être le siége de ces résultats d'une double contraction : les parties intérieures dans chaque grain étant moins agrégées, parce qu'elles ont été sécrétées le plus récemment, et la matière de chaque couche ayant dû remplir la cavité pour s'introduire par le hile, il était à présumer que ses dernières portions enduisaient les parois de celui-ci ; qu'enfin la solubilité acquise à la substance amylacée, par suite d'une température élevée, devait être plus grande aussi en ce point; ainsi donc l'effet de la dissolution pouvait faire apparaître l'orifice du hile même dans les fécules trop souples et minces pour que les effets du retrait fussent visibles.

L'expérience répondit parfaitement à ces prévisions et je parvins ainsi à marquer nettement le hile, en le forçant à s'ouvrir sur plusieurs fécules jusqu'au centre de leurs grains sphériques, ou jusqu'à l'axe des grains allongés. On jugera bien tous les détails de ce curieux phénomène à l'inspection des figures 8,

de M. Brongniart sur les mouvements spontanés des petits corps renfermés dans ce pollen (*Ann. des sc. nat.* nov. et déc. 1838), car tous les corps doués d'un mouvement spontané, autre que celui des particules de Brown, se sont trouvés, dans mes essais, avoir une composition quaternaire azotée.

planche IV, qui comprennent les effets de ce genre obtenus sur l'amidon de blé, et planche VII, figure 7, sur l'amidon de pois, chez lequel l'existence du hile n'avait pas encore été démontrée.

Par ce procédé, on trouve facilement, comme le montrent aussi les figures de la fécule de la pomme de terre soumise à ce traitement, ceux des grains dont la nutrition s'est faite par deux et même par trois hiles (pl. I, fig. 2, 3, 4). On parvient encore très-facilement, en observant ainsi préparées les fécules d'un gros volume et globuliformes, à discerner, dans l'intérieur de la cavité du hile qui se présente évasée en entonnoir, les lignes circulaires marquant les bords des couches emboîtées.

Parmi toutes les fécules desséchées entre les températures de 200 à 220 degrés, celle du *canna discolor*, dont les grains sont le plus aplatis, montrait moins son hile qu'avant la dessiccation; cela tenait sans doute à ce que ses grains étaient plus minces et plus diaphanes. Supposant toutefois que le point d'insertion du hile devait être plus attaquable que les autres sur chaque grain, j'essayai de le faire paraître en desséchant cette fécule seulement à 200 degrés, afin de la rendre très-avide d'eau sans qu'elle fût bien soluble; puis la plongeant dans l'eau froide, le gonflement subit qu'elle éprouva fit augmenter et paraître l'ouverture jusque-là inaperçue du hile, au point qu'il eût été même discernable sous un faible grossissement. (Voyez la fig. *c* de la pl. V.)

J'avais, comme on le voit sur la même planche, figure I en *a*, *a'*, *a''*, obtenu un effet analogue mais beaucoup moins prononcé, en portant la température de cette fécule seulement a + 150°. La même expérience, répétée sur la fécule de pomme de terre, eut pour résultat de prouver que l'agrandissement du hile était un effet mécanique exempt d'altération chimique : en effet, cette fécule ayant été chauffée à 155°, on vit son hile fort agrandi, comme l'indiquent les figures *a*, *b*, *c*, *d*, de la planche figure 4, bien que toute la substance fût restée insoluble dans l'eau ; tenue dans ce liquide, l'ouverture du hile fut à peu près remplie par le gonflement de la substance intérieure, qui fit disparaître les cercles des couches con-

centriques. La figure *f* montre comment le hile encore ouvert laisse pénétrer plus rapidement une solution alcaline faible qui produit quelques déchirures, jusqu'à ce que le gonflement plus considérable efface ces déchirures.

Les figures *f'*, *g'*, font paraître le gonflement comparativement opéré par la même solution sur un grain de fécule non desséché ; dans ce cas il ne se manifeste aucune déchirure, mais le gonflement maxime se présente sous le même aspect dans les deux essais, comme on le peut voir figures *h*, *h'*.

DISSOLUTION PARTIELLE DE LA COUCHE EXTERNE DE L'AMIDON, EXFOLIATION DES COUCHES SOUS-JACENTES.

Les différentes fécules desséchées et rendues en partie solubles par une élévation de température entre 200 et 230°, ont éprouvé des modifications physiques légères, qui cependant m'ont paru suffisantes pour faire ressortir par des caractères spéciaux et démontrer l'existence des couches superposées, par conséquent la structure interne des grains.

Nous avons vu que le retrait inégal produit dans les couches par la dessiccation fait creuser le hile et apparaître les lignes concentriques intérieures d'accroissement.

Le deuxième effet produit par l'élévation de la température consiste dans la dissolubilité que la substance amylacée acquiert; cette modification physique, qui n'altère en rien la composition chimique, est variable suivant la cohésion dans les différentes fécules et dans l'intérieur de chaque grain.

On peut profiter de ces propriétés acquises pour montrer que la couche externe est de même nature que les parties internes, et exfolier ces différentes couches; pour atteindre ce but il faut : 1° opérer une dissolution locale de la couche enveloppante, à l'aide d'un dissolvant déposé sur une portion de la superficie de chaque grain ; 2° faire agir ce liquide successivement sur toutes les parties internes, afin que les couches les plus résistantes et

extensibles, sans être entièrement dissolubles, puissent s'exfolier et s'étendre; 3° enfin, diminuer l'énergie dissolvante du liquide employé pour observer ces effets, même sur les fécules que l'eau seule dissoudrait trop vide ou trop complétement. On va voir comment toutes ces prévisions se sont réalisées.

On parvient à déposer une guttule d'eau sur chacun des grains isolément, en immergeant l'amidon dans une goutte d'alcool un peu hydraté; l'alcool s'évapore plus vite que l'eau, en sorte qu'une guttule de celle-ci reste sur chacun des grains, et l'on peut observer son action, soit directement, soit en immergeant l'amidon dans l'alcool; enfin on peut augmenter les effets produits, soit en réiterant à plusieurs reprises l'immersion et l'évaporation, soit en ajoutant une plus forte quantité d'eau à l'alcool.

Les figures *a, b, c,* case 1 de la planche VII, montrent l'effet de cette réaction locale sur la fécule des pommes de terre chauffée préalablement à + 200°. On voit que la portion de la superficie sur laquelle la guttule d'eau s'est concentrée est attaquée et partiellement dissoute: ainsi la partie la plus extérieure, désagrégée par la chaleur, est alors attaquable par l'eau.

Les autres fécules subissent, de la part de l'eau posée localement, des influences semblables; il en est de même des grains de fécule déjà privés par les progrès de la végétation des couches extérieures; on peut le reconnaître en examinant, figure 7 de la planche III, les résultats de semblables réactions sur ces grains préalablement chauffés à + 200°. Ainsi les couches sous-jacentes montrent encore ici des caractères semblables à ceux des couches superficielles.

Des phénomènes semblables ont lieu relativement à la fécule du *canna discolor.* (Voyez en *e,* fig. 1 de la pl. V.) Une légère modification, tenant à la plus grande flexibilité des couches de cette fécule déjà signalée plus haut, explique la forme sinueuse des bords de la surface attaquée par l'eau; les figures 9 de la planche IV montrent les effets de la même expérience sur l'amidon du blé; les figures 3, planche III, sur celle de Colombo;

les figures 3 *a*, *b*, de la planche VI, sur la fécule des bulbes de lis ; enfin les figures 10, *a*, *b*, *c*, planche VIII, montrent des effets analogues sur l'amidon des pois.

EXFOLIATION ARTIFICIELLE DES COUCHES CONCENTRIQUES COMPOSANT TOUTES LES FÉCULES.

Nous avons indiqué les causes de cette exfoliation dont nous présenterons ici des exemples.

La fécule des pommes de terre, sur laquelle nous venons de faire connaître l'action locale de l'eau, fut immergée (sous le microscope) dans l'eau alcoolisée : alors les différents grains suivant leur cohésion, leur âge ou la température toujours un peu variable à laquelle ils ont été soumis, présentèrent en s'hydratant des ruptures en divers sens, puis l'extension successive et la séparation sous différentes formes de plusieurs de leurs couches concentriques ; les figures 3, *p*, *q*, *r*, de la planche I, donnent une idée assez exacte de ces phénomènes.

Des exfoliations bien plus prononcées eurent lieu en opérant de la même manière sur la fécule chauffée préalablement à 210° : les figures *s*, *t*, de la même planche montrent deux grains de cette fécule se dissolvant en partie et s'exfoliant en plusieurs tuniques.

Des enveloppes concentriques, plus développées encore sur les trois grains figures *t'*, *t''*, *t'''*, sont rendues très-visibles par l'addition de l'iode. On comprend que, dans ce cas, les portions qui présentent le violet le plus foncé sont celles qui ont le plus d'épaisseur ou de cohésion : de là vient encore l'aspect de la portion centrale, sorte de noyau non encore exfolié.

Planche III, figure 8 : les mêmes effets, produits sur la fécule en partie dissoute par la végétation, prouvent encore que les couches sous-jacentes se peuvent développer et exfolier comme les plus externes.

Les figures 4 de la même planche montrent des phénomènes semblables opérés sur la fécule de Colombo.

Quant aux grains de la fécule du *pisum sativum*, sa conformation déprimée explique la particularité remarquable de son exfoliation en quelques feuillets se développant comme une carte repliée sur elle-même; pour exfolier cette fécule, douée de plus de consistance et de cohésion que les autres, il a fallu, comme pour faire prononcer son hile, porter préalablement la température du bain d'huile à + 220°. (Voyez en *d, e, f,* fig. 10, pl. VII.)

Aucune fécule ne laisse mieux voir les exfoliations successives des couches ou tuniques que celle des rhizômes du *canna discolor*.

Les figures en *f, f', f''*, de la planche V montrent clairement ces exfoliations, rendues si évidentes par l'iode, qu'il serait inutile de les expliquer autrement : nous ajouterons seulement ici que les sortes de capsules exfoliées (fig. *f', f''*) proviennent, en général, des grains le plus allongés; qu'en comprimant et faisant un peu glisser entre les lames de verre les grains ainsi préparés, on parvient aisément à séparer sur tous les points adhérents les capsules les unes des autres.

Nous verrons dans le chapitre suivant comment une foule de réactions chimiques, qui ont fait deviner la structure intime de l'amidon, dérivent elles-mêmes directement de cette structure et des propriétés de la substance amylacée; on reconnaîtra, en outre, combien les mêmes données sont indispensables à l'étude physiologique des fécules; enfin nous y retrouverons une cause de l'exfoliation spontanée de l'amidon durant la végétation des plantes et nous montrerons ses effets dans la quatrième section de ce mémoire.

DEUXIÈME SECTION.

EXAMEN CHIMIQUE DE L'AMIDON.

Différents termes d'hydratation, effets de la température, solubilité graduée suivant la cohésion, transformation en dextrine; fusibilité de l'amidon, action spontanée de l'eau et de la température : 1° sur les parties plus ou moins agrégées de l'amidon à l'état normal; 2° sur différentes fécules sèches ou hydratées; 3° au-dessous et au-dessus de zéro. — Gonflement par les solutions alcalines. — Théorie de l'empois, action de l'iode, du chlore, des acides, des bases, des sels et de la diastase. — Principaux phénomènes d'extensibilité et de contractibilité de l'amidon combiné avec l'iode. — Poids spécifique, composition élémentaire, et nombre équivalent de l'amidon et de la dextrine.

HYDRATATION ET DIFFÉRENTS TERMES DE DESSICCATION.

Les petits grains blancs, diaphanes, formés de couches solides concentriques, qui constituent les fécules amylacées de toutes les plantes, sont doués d'un pouvoir hygroscopique remarquable, surtout en ce qu'il se manifeste à des termes fixes, suivant des relations simples entre l'équivalent d'amidon et le nombre d'équivalents d'eau; il cède d'autant plus facilement à l'action hygrométrique des corps voisins 10, 4 et 2, équivalents d'eau, qu'il en contient davantage; enfin le dernier équivalent constitue une véritable combinaison, et ne peut être enlevé sans qu'on y substitue un équivalent d'une base énergique.

Ainsi l'amidon avec l'eau nous offre une première série d'hydratations faciles à défaire et à reproduire un grand nombre de fois, sans altérer en rien ses qualités organiques, pourvu qu'on élimine avec soin certaines influences, ou que, du moins, on abrége la durée du contact.

Nous verrons plus loin qu'on peut engager l'amidon dans des

combinaisons bien plus fortes sans détruire cette agrégation spéciale, que nous ferons bientôt ressortir par divers phénomènes curieux.

Quelques faits vont éclairer ces assertions.

Au moment où l'on vient d'extraire et de purifier par d'abondants lavages la fécule de pomme de terre, si on la met égoutter sur une substance capable d'absorber l'eau interposée, par exemple sur une dalle en plâtre, au bout de vingt-quatre à trente-six heures l'eau sera passée dans la dalle ou exhalée dans l'air, et la fécule ne céderait plus rien à une pression mécanique, mais elle peut perdre 0,4545 de son poids par la dessiccation à 100°, ce qui correspond à 15 équivalents d'eau pour 1 équivalent de fécule sèche. Un deuxième terme d'hydratation se produit lorsque la fécule sèche est exposée à + 20° centésimaux, dans un air presque saturé d'humidité. Pendant quatre à dix jours elle contient alors 0,3571 d'eau ou 10 équivalents; son volume apparent a augmenté 100 à 150.

L'amidon hydraté à ce point offre un aspect et des caractères physiques tout particuliers: sa blancheur éclatante a quelque chose du reflet de la neige; ses grains ont une propension telle à l'adhérence, qu'ils se tiennent en une masse sensiblement plastique, lors même que l'on en forme, par une légère pression, une lame posée verticalement, ayant moins d'un millimètre d'épaisseur pour 10 à 15 de hauteur; une plaque semblable ou plus épaisse, mise entre deux feuillets de papier léger, prend et garde les empreintes d'un cachet fortement appuyé, sans communiquer au papier une trace d'eau visible; enfin, secouée sur un tamis fin, cette fécule refuse d'y passer; jetée par flocons sur une plaque métallique chauffée à + 125°, ses grains se soudent à l'instant.

Lorsque, après 96 heures d'exposition sous une cloche entre plusieurs vases remplis d'eau, elle cessait d'augmenter de poids, pesée à diverses reprises 12, 24 et 48 heures plus tard, elle contenait toujours la proportion d'eau, équivalante à 10 atomes au delà de l'atome le plus fortement combiné.

Pour apprécier l'augmentation de volume opérée par ce terme d'hydratation, on exposa aux mêmes influences de l'humidité 17 centimètres cubes de fécule préalablement desséchée au maximum, mesurés ensuite après l'absorption des 10 atomes d'eau, et en effectuant dans les deux cas le plus grand tassement possible, on reconnut que le volume était porté à 25c,5 : l'augmentation était donc d'environ 50 pour 100 parties, l'addition d'un excès d'eau n'y changea rien.

La fécule conserve à l'air, dans les magasins secs généralement 0,1818 d'eau, proportion qui correspond à 4 atomes au delà de l'atome indispensable à la constitution de la fécule *libre*.

En cet état la fécule, quoique pulvérulente, offre encore un degré sensible d'adhérence entre ses grains; lorsqu'on la presse entre les doigts, elle fait éprouver à la peau une légère sensation de fraîcheur; jetée sur une plaque chauffée à 100° elle se dessèche sans s'agglomérer.

On arrive facilement à constater ce terme d'hydratation en abandonnant la fécule pendant 10, 15, 30 jours à l'air; la température moyenne étant de 16 à 20°, et l'hygromètre marquant 50 à 60°; alors, si l'on expose peu à peu la matière pendant 36 heures dans le vide sec à + 20°, on parvient à lui enlever deux équivalents d'eau: cette proportion est engagée avec une force très-notable, et ne s'exhale que par saccades: en effet après avoir maintenu le vide à 1 centimètre près, durant plusieurs heures, si on le pousse à 1 millimètre et qu'on l'y soutienne, le dégagement de la vapeur d'eau devient tumultueux et projette la substance jusqu'à 10 centimètres de hauteur. L'opération pourrait même être compromise par cet accident, si l'on n'avait le soin de garnir le tube d'un double tissu de soie très-fin et d'opérer très-lentement cette dessiccation. On élimine ensuite, comme nous allons le voir, deux autres atomes d'eau qui complètent 0,1818 d'eau; dans les mêmes circonstances, une demi-feuille d'un papier à filtrer dit de Berzélius, venant de Suède (papier que l'on peut considérer comme de la cellulose pure), contenait 276 milligrammes d'eau

sur 4200 milligrammes, ce qui correspond à 6,57 pour 100, c'est-à-dire environ le tiers de la proportion retenue par l'amidon [1].

La fécule gardée dans le vide sec à la température de 16 à 20° centésimaux retient 0,1 d'eau, ce qui correspond à 2 équivalents d'eau pour 1 d'amidon.

La fécule est coulante alors entre les doigts, n'occasionne aucune sensation appréciable de sécheresse ni d'humidité; comprimée, elle ne contracte pas d'adhérence sensible; on la tamise facilement sans qu'il s'en émane beaucoup de poussière.

Il ne faut pas moins qu'une dessiccation soutenue pendant plusieurs heures dans le vide sec de 100 à 125° pour réduire la proportion d'eau à 1 équivalent qui représentente l'eau de combinaison intime.

Alors refroidie, la fécule se montre sous la forme d'une poudre extrêmement mobile, ne pouvant être tamisée sans répandre des nuages de poussière; elle fait éprouver à la peau un sentiment de sécheresse, de chaleur et constriction; exposée en couches minces à l'air ordinaire d'un appartement, elle absorbe rapidement de l'humidité, et bientôt son poids est augmenté de près d'un cinquième.

L'élimination des deux derniers atomes d'eau, séparables ainsi, a présenté encore les signes non équivoques d'une force très-notable; car, au moment où la température du bain étant à + 100°, on réduisit la pression à 1 millimètre; l'émanation de vapeur, brusquement opérée, projeta la substance jusqu'à plusieurs centimètres de hauteur, bien que l'on eût agi, comme dans les essais précédents, sur moins d'un gramme.

Dans la panification, l'amidon hydraté à chaud, par une température de 190° que l'intérieur des pains acquiert dans le four, reste solide, souple; la pression n'en peut extraire d'eau : il

[1] Ces différences entre deux corps de composition chimique identique tiennent à la structure et à la plus faible cohésion de l'amidon, qui permettent à l'eau de le pénétrer et de hydrater en proportions définies.

contient alors 0,47 d'eau, proportion qui représenterait 16 équivalents.

Voici donc, en les récapitulant, les formules des principaux termes d'hydratation de la fécule, qu'un grand nombre d'expériences nous ont appris avoir une stabilité notable, bien que leurs mélanges pussent introduire des termes intermédiaires,

TABLEAU DES RELATIONS PRINCIPALES ENTRE L'AMIDON ET L'EAU DANS DES CIRCONSTANCES DÉTERMINÉES.

ÉTAT DE L'AMIDON.	FORMULES.	ÉQUIVALENTS.	EAU hygr.	AMIDON sec.
1° Anhydre (combiné).....	$C^{24} H^{10} O^{9}$.	1912,5	0	105,88
2° Séché de 100 à 140, vide sec[1].....	($H^{2} O$, $C^{24} H^{10} O^{9}$)	2025	0	100
3° Séché à 20°, vide sec.....	($H^{2} O$, $C^{24} H^{10} O^{9}$) + 2 $H^{2} O$.	2250	10	90
4° A l'air = 20° hy. 0,6.....	($H^{2} O$, $C^{24} H^{10} O^{9}$) + 4 $H^{2} O$.	2475	18,18	81,82
5° ——— saturé d'humidité.....	($H^{2} O$, $C^{24} H^{10} O^{9}$) + 10 $H^{2} O$.	3150	35,71	64,39
6° A l'air, égoutté le plus possible.....	($H^{2} O$, $C^{24} H^{10} O^{9}$) + 15 $H^{2} O$.	3712	45,45	54,55

Sous tous ces états, excepté le dernier peut-être, l'amidon solide ne présente aucune quantité d'eau libre.

Le dernier terme le plus élevé de cette hydratation n'est peut-être que le résultat de l'interposition de l'eau entre les particules amylacées; les autres prouvent la perméabilité notable des grains d'amidon. Il se pourrait qu'ils représentassent des combinaisons analogues à celles qui constituent les hydrates multiples de l'acide sulfurique; du moins tous les essais coïncident si bien avec les nombres équivalents, qu'on serait porté à le croire.

La fécule de pomme de terre, dite sèche commercialement, correspond au n° 4; elle renferme un peu plus de 18 centièmes d'eau.

[1] C'est-à-dire, autant que cela est possible, sans altérer ou sans le combiner à une base. Nous verrons plusieurs de ces termes se reproduire à l'égard de la dextrine. Toutes ces expériences ont été faites sur la fécule de pomme de terre.

La fécule vendue humide (dite *fécule verte*) correspond au n° 6; elle contient 45,45 d'eau pour 100, ou les deux tiers de son poids, de fécule appelée sèche.

Sous les quatre premiers états la fécule reste en poudre facile à tamiser. Cependant elle offre des différences appréciables au tact; rien n'est changé dans ses formes sous le microscope, seulement le volume de ses grains augmente avec l'hydratation. Nous reviendrons plus loin sur des applications théoriques et pratiques de ces états particuliers d'hydratation.

Cette faculté absorbante, très-remarquable, rapproche encore l'amidon de plusieurs substances organisées, tandis qu'elle l'éloigne beaucoup d'un grand nombre de matières compactes inorganiques ou désorganisées, telles que les métaux, le soufre, le sulfate de baryte et beaucoup de sels insolubles, le sable, la houille, l'anthracite, etc. qui, bien que pulvérulentes, peuvent à peine retenir quelques centièmes d'eau sans que leur superficie soit évidemment mouillée.

EFFETS DE LA TEMPÉRATURE SUR L'AMIDON ET SUR DIFFÉRENTES FÉCULES.

Nous avons examiné, dans la première section, comment on parvient, sous le microscope, à mettre en évidence la structure intime des fécules, en faisant éprouver des retraits variés aux couches plus ou moins compactes de chaque grain, facilitant ainsi leur hydratation, leur exfoliation et même leur dissolubilité; nous allons maintenant examiner sous le rapport chimique en quoi consistent ces phénomènes, et nous ferons connaître leurs applications dans la dernière partie de ce mémoire.

Toutes les fécules, chauffées uniformément dans un tube plongé pendant une heure dans un bain d'huile à + 150°, ne contiennent plus qu'un équivalent d'eau; elles sont devenues beaucoup plus aptes à s'hydrater, même après le refroidissement: cela arrive surtout à celles dont le retrait a ouvert le hile; mais, dans ce cas, l'eau qui s'introduit dans leur intérieur reste ac-

cessible ne parvient pas à troubler l'arrangement des parties, à les désagréger, et rien ne se dissout. (Voyez les fig. 1, *a*, *a*, *a'*, *a''*, de la pl. II.)

SOLUBILITÉ GRADUÉE DES FÉCULES SUIVANT LEUR COHÉSION; PREMIER MODE DE TRANSFORMATION EN DEXTRINE.

Une température soutenue entre 200 et 220°, et bien également répartie, telle qu'on peut aisément l'obtenir en plaçant la matière dans un tube plongé dans un bain d'huile, désagrège toutes les fécules depuis celle des très-jeunes tubercules de pommes de terre et des panais qui résistent peu, jusqu'à l'amidon des pois presque mûrs, qui résiste beaucoup plus.

Ces changements sont tellement favorisés par un certain état d'hydratation de la fécule, à l'instant où la réaction s'opère, qu'on parvient à les déterminer en élevant la température jusques à 160° seulement; c'est qu'alors le contact mieux établi facilite la contraction et un commencement de fusion qui défait graduellement l'agrégation spéciale dans toutes les parties des grains d'amidon.

Ainsi la fécule ayant été, comme nous venons de le voir, peu à peu déshydratée préalablement par une température soutenue à 150° dans le vide sec, n'aura sensiblement rien perdu de son insolubilité (après le refroidissement à l'air). Si l'on continue à la chauffer jusqu'à 200°, et qu'on la soutienne à ce terme une demi-heure, on ne verra encore aucun dégagement, la substance n'aura perdu de son poids qu'une quantité insignifiante, sa couleur sera très-faiblement ambrée; cependant un commencement d'agglomération aura lieu entre les grains, et la plus grande partie de leur substance sera devenue soluble dans l'eau froide.

Ces phénomènes pourront être produits par une température de 160°, à la seule condition de porter immédiatement à ce terme la fécule contenant quatre atomes d'eau.

Si l'on opère de même sur la fécule hydratée, à 10 équivalents d'eau, elle se colorera un peu plus, et sera agglomérée en une

masse demi-fondue soluble. Nous allons faire connaître un moyen d'augmenter cet effet, en facilitant plus encore le rapprochement des particules.

LIQUÉFACTION DE LA FÉCULE À + 200°.

Au lieu de porter brusquement la température au terme voulu, on facilitera plus encore les réactions précipitées en empêchant la volatilisation de l'eau d'hydratation.

A cet effet, on place dans un tube en verre épais 10 grammes de fécule séchée à l'air; on ferme exactement à bouchon forcé, et l'on introduit le tout dans un double tube en cuivre dont le couvercle à clavette appuie le bouchon du tube interne.

On plonge à demi dans un bain d'huile réglé à + 200°, puis on laisse une demi-heure à une heure, en s'éloignant de crainte d'explosion; au bout de ce temps on trouve dans le tube en verre une masse homogène et diaphane, qui évidemment a subi une fusion complète. Le même effet a lieu en chauffant brusquement dans l'air entre 205 et 215, avant que la fécule se déshydrate; mais la substance fondue est plus colorée et plus altéré que dans le vase clos.

L'effet principal des réactions qui précèdent est le même sur toutes les fécules; il est d'autant plus complet et plus prompt aussi que la substance est plus pure et les grains plus jeunes; les parties le moins agrégées deviennent d'abord solubles, passent par les mêmes phases de désagrégation que les premières attaquées, et donnent successivement avec l'eau d'iode la température, les acides, les sels neutres, les bases, absolument les mêmes phénomènes que nous exposerons ci-après; enfin les maxima de solubilité à froid obtenus ainsi produisent la dextrine, qui diffère d'autant plus par ses propriétés physiques que, plus complétement désagrégée et soluble, on la compare avec une fécule plus fortement agrégée, douée de plus de cohésion.

La dextrine ne préexiste donc point telle dans un grain d'ami-

don intact; mais tous les agents si divers de désagrégation tendent à la produire. Ce nom lui convient d'autant mieux qu'il n'indique pas cette préexistence, et peut s'appliquer au même corps venu d'une origine différente [1].

Nous démontrerons que ces propriétés qui distinguent la dextrine de l'amidon, si importantes à considérer, tiennent au groupement des particules. Examinons maintenant les effets combinés de l'eau et de la température, puis nous exposerons les réactions de l'iode et des autres corps sur l'amidon.

ACTION SIMULTANÉE DE L'EAU ET DE LA TEMPÉRATURE.

Nous verrons qu'en augmentant, par une dessiccation portée près de sa limite, l'avidité de l'amidon pour l'eau, comme on l'aurait pu faire relativement à de l'argile, du plâtre, de la craie, et pour divers autres corps insolubles hydratables, on parvient à gonfler, rompre et désagréger une partie des grains de la fécule dans l'eau, par une température de + 40°.

Mais il en est autrement lorsque, mettant d'abord à froid l'eau en contact avec l'amidon, on élève peu à peu la température du liquide.

Afin de préciser l'étude de cette réaction, nous l'appliquerons à la fécule extraite de toute la masse tuberculeuse des pommes de terre, et nous ferons voir qu'elle varie suivant l'âge de cette fécule.

Si l'on prend, par exemple, 1 gramme de fécule, qu'on le délaye dans 15 grammes d'eau, que l'on élève graduellement la température en agitant sans cesse, aucun changement ne se manifestera jusqu'à ce que le mélange soit parvenu entre le 55e et le 56e degré centésimal : les grains très-jeunes, doués d'une faible cohésion, auront alors absorbé plus d'eau, le gonflement des parties internes en aura fait entr'ouvrir quelques-uns, et une très-petite quantité de substance se sera répandue dans le liquide;

[1] Au tissu végétal, par exemple, désagrégé et dissous à l'aide de l'acide sulfurique à froid.

on reconnaîtra ce phénomène, soit au microscope, soit à l'aide de l'iode, soit enfin en observant l'augmentation du volume de la fécule déposée.

Si l'on élève la température peu à peu davantage, les mêmes effets produits sur un plus grand nombre de grains deviendront de plus en plus sensibles; au 60e degré, beaucoup encore n'auront point atteint leur gonflement ultime, ni laissé répandre une partie de leur substance dans l'eau.

La consistance d'empois ne se prononcera pas avant que la température se soit élevée à 72°; elle augmentera encore d'une manière notable jusqu'au 100e degré (lors même que la quantité d'eau serait maintenue constante, soit en faisant retomber dans la masse le produit de la condensation, soit en compensant par une addition d'eau l'effet de l'évaporation) : alors les grains de fécule seront gonflés au point d'occuper tout le volume du mélange; ils seront d'autant plus pressés les uns contre les autres que leur tendance à un plus fort gonflement maintiendra leur force élastique; celle-ci sera vaincue seulement par le défaut d'espace, le volume du liquide étant insuffisant.

EXTENSION LIBRE ET GRADUÉE DE L'AMIDON PAR L'EAU ET LA TEMPÉRATURE.

Ayant délayé 1 gramme de fécule sèche dans 25 centimètres cubes d'eau bouillie, refroidie à + 50°, on porta le mélange en l'agitant à 54°, au bout de cinq minutes l'iode ni le microscope ne signalaient aucun changement. On porta alors de 56 à 57° la température, qui fut soutenue pendant quinze minutes. On observa, après le refroidissement à + 20°, durant un repos de quatre heures, que le volume du dépôt, primitivement égal à 1c,55, était porté à 2 centimètres cubes, dont 0,45 de dépôt léger. L'iode, en léger excès dans le liquide surnageant, le rendit bleu, translucide encore à 5 centimètres d'épaisseur.

En opérant de même et soutenant quinze minutes la température à 60°, le volume du dépôt devint égal à 3,75 centimètres

cubes, dont 2,25 de dépôt léger. Le liquide limpide prit avec l'iode une couleur bleu-foncé opaque à 1c,4 d'épaisseur.

Dans les mêmes circonstances, la température de 65° avait augmenté le volume du dépôt jusqu'à 11 centimètres cubes, dont 10 de dépôt léger; le liquide clair devenait bleu intense par l'iode et opaque en une couche de 0c,6 d'épaisseur.

Pour 70 à 72° on eut un dépôt entièrement léger, demi-transparent, de 21 centimètres cubes, sans dépôt lourd opaque; le liquide surnageant prenait avec l'iode une forte coloration et une opacité complète à 0c,4 d'épaisseur.

L'expérience fut encore faite à 95°: le mélange contenu dans le même tube, refroidi et maintenu durant dix heures à la température de 20°, à 15, sans rien laisser déposer, avait acquis une légère consistance d'empois.

Dans tous ces essais, le volume du liquide avait été ramené au volume total primitif.

Sous le microscope, le gonflement de tous les grains les montrait sous les formes indiquées (fig. 4, *h*, *h'*, pl. I; voyez aussi fig. 2, *A*, *A'*, pl. V) : ils occupaient successivement les volumes intermédiaires, entre celui de leur état normal et le gonflement maxime dû à la température de 100°; par le refroidissement, on les voyait se contracter et former des plis; à 60°, la substance interne gonflée faisait hernie au dehors de plusieurs grains.

RUPTURE ET DISSOLUBILITÉ À FROID.

On peut cependant faire rompre les grains les moins résistants des fécules desséchées préalablement à + 140 dans le vide; en laissant leur température s'abaisser seulement à + 40° centésimaux, puis les jetant dans l'eau non aérée également à + 40°: alors, suivant l'âge ou l'agrégation plus ou moins forte des grains, l'eau pénètre dans quelques-uns avec assez d'énergie et de rapidité pour les gonfler, opérer des déchirures visibles au microscope et désagréger les parties les plus divisées, qui, se ré-

pandant alors dans le liquide, y peuvent être décelées par l'iode; d'autres réactifs démontrent leur contractilité. Nous verrons qu'en augmentant l'énergie des mêmes moyens, on pousse plus loin cette désagrégation, qui atteint par degrés les couches plus anciennes et le plus fortement agrégées de tous les grains d'amidon.

CONTRACTION DE L'AMIDON HYDRATÉ, PAR LE REFROIDISSEMENT.

L'extensibilité remarquable de l'amidon hydraté sous l'influence de la chaleur, me fit penser qu'un effet inverse serait produit par l'abaissement de la température : plusieurs expériences ont justifié cette hypothèse : ainsi l'amidon, délayé et chauffé dans 50 à 100 fois son poids d'eau, à des températures variées, entre 70 et 100°, puis jeté sur un filtre, laissa couler des liquides diaphanes, incolores, qui, soumis à la température de — 10°, puis dégelés, offrirent une grande partie de la substance contractée, apparaissant en flocons volumineux avec ses propriétés caractéristiques. Le magma resté sur le filtre, complétement égoutté, puis soumis à la congélation, fut tellement contracté, qu'après le dégel il s'en sépara spontanément une eau limpide et abondante.

Le même effet de contraction, opéré sur l'empois par la congélation, permet d'en éliminer l'eau qui exsude facilement après le dégel comme d'une matière spongieuse, sous une faible pression; il peut donner une sorte de cartonnage moulé, blanc, opaque, en le laissant égoutter et sécher à l'air.

SÉPARATION, ENTRE L'AMIDON ET L'EAU, PAR UN SIMPLE RAPPROCHEMENT DANS LE VIDE À FROID.

Des évaporations dans le vide et des contractions alternatives par congélation séparent l'amidon de 50 à 200 fois son volume d'eau dans laquelle on l'avait distendu ou dissous, par une élévation de température à 70 ou 90°. Ainsi, par exemple, un

gramme de fécule rapidement porté à 70° dans 50 grammes d'eau, puis refroidi et congelé, laissa sortir en dégelant un liquide clair, dont 25 centimètres cubes furent rapprochés à 0 dans le vide; le résidu, délayé sans frottement avec 4 grammes d'eau à + 10°, contenait des flocons que l'on sépara; le liquide clair qui en fut extrait, rapproché encore à siccité dans le vide et délayé, offrit quelques flocons que la congélation resserra, et qui, séparés du liquide, avaient toutes les propriétés de l'amidon; quant au liquide, il ne contenait plus que des traces impondérables d'amidon; rapproché à sec et délayé, il laissa voir quelques parcelles floconneuses, à peine perceptibles et bleuissant par l'iode, mais impondérables.

SÉPARATION DE L'AMIDON DISSOUS DANS L'EAU, EN FILTRANT CELLE-CI AU TRAVERS DU TISSU DES RADICELLES.

L'amidon, même très-étendu dans l'eau, conserve entre ses particules de telles relations, qu'un simple abaissement de température fait contracter celles-ci et les agrége entre elles; un tissu considérablement plus fin que tous les filtres de nos laboratoires peut aussi déterminer leur agglomération et les arrêter au passage. J'ai trouvé ce tissu filtrant dans les spongioles des radicelles des plantes; l'expérience réussit sans difficulté en opérant ainsi: le liquide diaphane et refroidi d'une partie d'amidon chauffé à 100°, dans 100 parties d'eau, fut réparti entre deux éprouvettes; dans l'une on implanta les radicelles d'un bulbe de jacinthe, et l'on vit au bout de 20 heures de légers flocons d'amidon se séparer; tandis que, dans l'autre éprouvette, la limpidité n'avait pas été troublée.

La précipitation augmente graduellement autour des radicelles. Si l'on plonge ensuite celles-ci dans l'eau pure, puis dans une solution aqueuse d'iode, on voit les flocons se détacher en une belle nuance bleue sur le fond jaunâtre des radicelles. Un frottement léger enlève toute la surface bleuie; alors les sections dans l'axe

ou perpendiculaires à l'axe des radicelles sont complétement exemptes de substance bleuissable; l'amidon n'a donc pu pénétrer dans le tissu; la superficie au bout des spongioles a seule retenu une très-légère couche amylacée adhérente. C'est un effet de la succion plus forte en ce point; toutefois, le tissu sous-jacent n'a été pénétré que par l'eau, éliminée pure des flocons amylacés.

Ce mode d'expérimentation, varié de plusieurs manières, et répété en employant les radicelles de quelques autres plantes, donna lieu aux mêmes phénomènes. Lors même qu'on implante des radicelles dans un empois formé de 25 parties d'eau pour une de fécule et refroidi, elles ne puisent encore que de l'eau exempte d'amidon.

GONFLEMENT ÉNORME DE L'AMIDON PAR LA PÉNÉTRATION À FROID D'UNE EAU ALCALISÉE.

Une expérience curieuse laisse distinctement apercevoir l'effet de l'extensibilité remarquable de l'amidon.

On alcalise faiblement de l'eau, par exemple, en y dissolvant 0,02 de son volume d'une solution saturée de soude caustique; puis on y projette sous le microscope des grains d'amidon, et l'on voit ceux-ci se gonfler considérablement, se dérider, puis s'étendre beaucoup et assez irrégulièrement pour former plusieurs plis allongés. Les figures 1, *n*, *o*, *p*, de la planche II, montrent ce phénomène graduellement opéré.

MESURE DU GONFLEMENT DE L'AMIDON.

En comparant les grains d'amidon avant et après leur gonflement par l'eau alcalisée, on vit que la surface de leur projection horizontale était augmentée dans le rapport de 1 à 30; ils avaient d'ailleurs, tout en se gonflant, subi une dépression difficile à mesurer, mais dont nous avons tenu compte en portant l'augmentation totale de 80 à 100 fois le volume primitif.

Deux expériences nous ont paru propres à vérifier approximativement ces mesures : l'une consistait à délayer de l'amidon à froid dans un volume d'eau alcalisée moindre que celui qu'on lui supposait pouvoir acquérir, et, dans ce cas, ses grains, gonflés les uns sur les autres, devaient occuper le volume total, retenus même dans leur gonflement par le manque de liquide, et maintenus adhérents par la portion de substance qui, plus faiblement et plus récemment concrétée, s'est désunie puis interposée entre ses grains.

L'autre consistait dans l'emploi d'un excès de liquide qui permît à tous les grains de prendre leur maximum de développement, puis de se précipiter ensuite en se reposant les uns sur les autres.

Les faits suivants confirmèrent ces prévisions. 1° L'on agita pendant deux minutes l'amidon à froid, avec 50 fois son poids d'eau, contenant 0,02 de solution de soude à 36°, ce qui correspond à moins de 0,01 de soude pure. Les grains gonflés occupèrent effectivement toute la masse, et le liquide ne surnageait pas même au bout de vingt-quatre heures. 2° La même expérience fut répétée en employant 150 parties d'eau alcalisée pour une d'amidon : les grains gonflés commencèrent, en moins d'une minute, à se déposer; et après vingt-quatre heures, surnagés par un liquide diaphane, ils occupaient un volume de 73 fois; leur volume primitif, observé au bout de vingt-quatre heures, dans l'eau pure, avant le gonflement [1].

PLUS FORT GONFLEMENT OPÉRÉ PAR UN EFFET D'ENDOSMOSE.

Si les grains plissés n'avaient pas éprouvé de déchirures, et si les grains déchirés avaient conservé dans toutes leurs parties la propriété spongieuse, un nouveau gonflement devait déplisser les premiers et augmenter le volume de tous. J'essayai d'obtenir ces

[1] Un gramme de fécule non déformée occupe dans l'eau pure à + 10° le volume de 1 cent. cub. 55 avec l'eau interposée.

effets et j'y parvins à l'aide d'un phénomène d'endosmose que produisit une addition d'eau pure.

Ainsi en ajoutant de l'eau au mélange de la première expérience, 100 fois le poids de l'amidon, agitant et examinant sous le microscrope, on obtint le déplissement de la plupart des grains et l'augmentation du volume de tous; celle-ci fut d'ailleurs manifeste au bout de douze heures, car alors la masse des grains d'amidon occupait, sous le liquide diaphane surnageant, 96 fois le volume primitif de l'amidon employé.

La soude et la potasse, agissant ainsi d'une façon toute différente de l'ammoniaque, on peut déduire de cette observation une preuve à l'appui d'une théorie chimique, et un moyen d'essai des composés et sels ammoniacaux que nous décrirons plus loin.

COHÉSION DIFFÉRENTE DANS LES AMIDONS DE DIFFÉRENTS ÂGES.

Il me sembla que l'on pourrait vérifier, à l'aide de la réaction des solutions alcalines faibles, si l'amidon est doué de degrés différents de cohésion, suivant son âge. A cet effet, de très-petits tubercules de pommes de terre, n'ayant encore que trois à quatre millimètres de diamètre, furent écrasés entre les doigts dans l'eau; l'amidon très-fin qui en sortit se déposa lentement. Quelques grains mis en contact sur le porte-objet du microscope, avec une solution de soude à 36°, étendue de 100 fois son volume d'eau, se gonflèrent considérablement. Plusieurs d'entre eux, irrégulièrement allongés, formèrent de longs replis; mais dans la plupart la dilatation, plus uniforme que dans les amidons moins jeunes, laissait voir une figure arrondie peu ou pas plissée, ou sans déchirures. Une addition d'eau acidulée et d'iode rendait plus évidente cette particularité remarquable.

Une solution alcaline deux fois plus faible avait donc produit les phénomènes précités; la même observation fut faite en employant l'amidon de jeunes tubercules d'*oxalis crenata* [1].

[1] C'est ainsi que les différents grains d'amidon d'un même tubercule se rompent et se dé-

Afin de rechercher si la plus petite dimension des grains n'était pas aussi une circonstance déterminante, je soumis aux mêmes essais de l'amidon extrait de batates bien mûres; il exigea l'emploi de la plus forte solution pour produire les mêmes phénomènes, toutes choses égales d'ailleurs. Ainsi les dimensions ont peu ou pas d'influence quand elles ne résultent pas de l'âge ou de particularités qui auraient modifié la cohésion.

Il était probable que l'énergie absorbante, accrue dans l'amidon par une dessiccation à + 120° dans le vide sec, favoriserait aussi beaucoup la pénétration de l'eau alcalisée. En effet cette dernière, deux fois plus étendue (c'est-à-dire ne contenant que 0,01 de solution), fit gonfler l'amidon, ainsi desséché, des pommes de terre mûres; quelques grains étaient mêmes déchirés par suite, sans doute, de la rapidité du gonflement.

Des phénomènes analogues eurent lieu en employant des solutions d'acide sulfurique; mais il fallut donner à celles-ci une très-forte acidité, car la solution qui fit gonfler et rompre les grains mûrs d'amidon contenait 0,3 de son volume en acide à 66°, et la plus faible, qui suffit pour gonfler et rompre les plus jeunes amidons, contenait 0,2 de son volume d'acide concentré. Il faut donc environ 100 fois plus d'acide sulfurique que de soude pour opérer à froid la désagrégation de la fécule.

On constatait facilement des déchirures sur la plupart des grains gonflés; enfin on put observer le développement continuant après la rupture, et souvent même se prononçant dans la matière interne qui se gonflait en dehors. La solution d'iode rendit encore tous ces phénomènes très-distincts sous le microscope.

THÉORIE DE LA FORMATION DE L'EMPOIS ET DE SES CHANGEMENTS PHYSIQUES.

Il n'a pas fallu moins que toutes les notions qui précèdent sur les propriétés organiques, physiques et chimiques de l'amidon

tendent successivement dans l'eau à des températures différentes; alors ces effets suivent évidemment les degrés d'une cohésion acquise avec l'âge des granules amylacés.

pour comprendre et expliquer nettement la formation et les altérations mécaniques de l'empois.

Nous avons vu, soit par l'examen microscopique dans la première et la deuxième section de ce mémoire, soit par les réactions ci-dessus indiquées sur de plus grandes masses, l'extension considérable acquise par les fécules lorsqu'elles absorbent l'eau à froid sous l'influence de 0,01 de soude ou de potasse : nous avons montré comment, l'élévation de la température facilitant aussi l'hydratation et l'extensibilité de la matière amylacée, chaque grain dans ce cas se gonfle considérablement, de manière à pouvoir occuper plus de 30 fois son volume ordinaire. Or, toutes les fois que l'espace dans le liquide manque à ce développement, tous ces grains sont nécessairement en contact, pressés les uns contre les autres; souples d'ailleurs et doués d'une certaine élasticité, ils se trouvent maintenus adhérents par leurs parties moins résistantes disséminées dans le liquide ambiant; ils occupent donc ainsi tout le volume du mélange, et lui donnent la consistance gélatineuse que chacun d'eux possède en particulier. (Cet effet, en somme, est comparable à celui obtenu à froid par les solutions alcalines.)

Après le refroidissement, la contraction propre encore à la fécule hydratée, et dont nous avons exposé divers exemples, resserre les grains gonflés, les scelle plus étroitement par la matière amylacée libre qui les environne : de là cette contraction qui durcit l'empois, le fait fendiller, et laisse exsuder parfois une portion du liquide qui entraîne en dissolution les parties très-faiblement agrégées.

EMPOIS CONVERTI EN MUCILAGE À 140°.

Dans l'expérience qui précède, le ramollissement de l'amidon hydraté résultait sans doute de la désagrégation plus avancée par une température plus longtemps soutenue; on devait donc obtenir probablement un effet plus sensible encore à l'aide d'une plus haute température.

Afin de vérifier cette hypothèse, je disposai une éprouvette en cuivre capable de résister à une forte pression. 57 grammes d'empois très-consistant (formé de 7 grammes d'amidon et de 50 centimètres cubes d'eau) furent introduits dans un tube que l'on assujettit dans l'éprouvette après l'avoir hermétiquement fermée; on chauffa alors le tout à 140° durant une demi-heure.

L'appareil refroidi, on en retira la substance amylacée; elle avait perdu sa consistance forte, qui s'était changée en une fluidité mucilagineuse.

Ainsi dans ce dernier cas, pour 100 parties d'eau, 14 parties d'amidon donnèrent moins de consistance que 5 parties dans la première expérience, ou, à poids égal, firent trois fois moins d'effet.

Nous montrerons plus loin d'autres résultats, qui seront aussi d'autres preuves de ces différents degrés de désagrégation de la substance amylacée.

ACTION DE L'IODE SUR L'AMIDON.

Phénomènes de coloration et de décoloration de l'iodure; effets remarquables de sa contractilité. — Variations de couleur et de stabilité produites par toutes les causes de désagrégation de la substance amylacée; composition de l'iodure d'amidon.

Un des caractères les plus curieux de l'amidon est sa coloration bleue ou violette sous l'influence de l'iode.

Cette couleur est d'autant plus intense, plus rapprochée du bleu pur et plus stable, que l'amidon est mieux agrégé.

L'effet de la désagrégation graduelle de la substance amylacée est de lui faire prendre, lorsqu'ensuite on l'unit à l'iode, des nuances violettes virant de plus en plus au rouge; la même substance, aux premiers degrés de son agrégation croissante dans les plantes, développe, sous l'influence de l'iode, des nuances rougeâtres, violettes, puis bleues.

La contractilité de l'amidon distendu ou dissous dans l'eau,

puis bleui est d'autant plus grande, sa précipitation plus facile, la dissolution par la chaleur plus lente et plus difficile, que la substance amylacée a été moins fortement divisée préalablement dans le liquide.

Les parties moins désagrégées sont aussi celles qui se combinent les premières avec l'iode, et qui le retiennent plus fortement en présence de l'eau, de l'air, de la lumière et de la chaleur.

L'élévation de la température, la lumière, les bases, l'alcool et divers agents enlèvent l'iode à l'amidon.

L'abaissement de la température, la présence des acides, des sels neutres, etc. contractent l'iodure bleu et parfois le font reparaître au milieu des liquides décolorés; le chlore, en faibles proportions, produit le même effet quand la décoloration résulte d'une formation d'acide iodhydrique ou d'un iodure minéral.

La coloration bleue par l'iode ne peut être attribuée à l'action de l'air ni à la présence d'un produit volatil dans l'amidon.

Nous allons démontrer par des faits toutes ces assertions.

Dans les rapports sur nos précédents mémoires, les commissaires de l'Académie indiquèrent trois expériences utiles; je les ai faites, voici leurs résultats: l'iode produit la coloration bleue sur l'amidon dans l'eau privée d'air comme dans l'eau aérée; la fécule, chauffée même à + 140° dans l'eau, bleuit encore par l'iode après le refroidissement, bien que l'empois très-consistant, traité ainsi, n'ait plus alors qu'une viscosité et une transparence analogues à celles de la gomme adragante délayée à l'eau froide.

L'amidon, chauffé et dissous par la diastase, dans un appareil clos, ne donne aucun produit distillé auquel on puisse attribuer la propriété de bleuir par l'iode. Ainsi, ce n'est point un corps étranger volatil qui communique à l'amidon cette propriété.

PÉNÉTRATION DE L'IODE DANS LES GRAINS D'AMIDON.

Si l'on verse sur de la fécule à l'état normal une solution très-affaiblie d'iode, la coloration en violet est assez superficielle pour

que les grains conservent leur transparence sous le microscope.

De plus fortes proportions d'iode augmentent tellement l'intensité de la coloration, que les grains semblent noirs et opaques, lors même qu'ils ont seulement un centième de millimètre ; la combinaison et la coloration ont pénétré jusques au centre; on s'en assure en lavant puis cassant plusieurs grains sous le microscope : les solutions très-affaiblies (à 0,001 de soude et de potasse) décolorent également jusques au centre tous les grains bleuis. Lorsqu'on opère sous le microscope cette décoloration à l'aide de l'ammoniaque, on voit les couches extérieures perdre les premières leur couleur, puis le phénomène gagner graduellement jusques au centre.

VARIATION DES NUANCES COMMUNIQUÉES À L'AMIDON PAR L'IODE.

La fécule, exempte de toute altération, désagrégée dans mille fois son poids d'eau, par une température de 100°, donne une solution qui, filtrée, acquiert une belle teinte bleue par l'iode; un excès de réactif, par sa propre coloration jaune, fait virer la nuance en vert.

Une foule d'altérations et un faible degré d'agrégation, dont les jeunes grains d'amidon entiers offrent souvent des exemples, donnent à la matière amylacée la propriété de se teindre en rouge fauve par l'iode, en sorte que le mélange des parties plus ou moins altérées ainsi donne diverses nuances de violet.

La désagrégation et la dissolubilité obtenues à différents degrés en traitant la fécule, soit par la température entre 200 et 220°, soit par l'acide sulfurique concentré ou étendu, soit par la diastase, en arrêtant chacune de ces réactions à plusieurs termes, donnent, à la substance amylacée, la propriété d'offrir en présence d'un léger excès d'iode, des colorations violettes, virant de plus en plus au rouge.

Les premières gouttes de la solution d'iode produisent une coloration bleue en se combinant d'abord aux parties le moins

désagrégées; de nouvelles additions font virer la nuance au violet de plus en plus rougeâtre.

Les solutions alcalines de soude et de potasse désagrégent évidemment moins la fécule que la haute température, les acides forts et la diastase; car, dans le premier cas, le liquide conserve très-longtemps une consistance mucilagineuse prononcée; cette moindre désagrégation se manifeste aussi par l'iode, qui donne encore des nuances bleues.

D'après les observations de M. Lassaigne, la combinaison qu'on obtient en versant peu à peu une solution alcoolique d'iode dans la partie dissoute de la fécule extraite à froid par un long broyage, est caractérisée en ce que sa solution aqueuse s'affaiblit en couleur au fur et à mesure que sa température s'élève, et jusqu'à ce qu'enfin elle disparaisse à une température de + 89 à 90° centésimaux.

En laissant refroidir la liqueur décolorée, on la voit reprendre peu à peu une légère teinte bleue qui se fonce de plus en plus à mesure que la température s'abaisse, et acquiert ensuite la même intensité qu'avant d'avoir été chauffée.

ACTION DE LA LUMIÈRE SUR L'IODURE D'AMIDON DISSOUS.

La lumière exerce une action décomposante sur la solution d'iodure d'amidon dans l'eau : diffuse, elle affaiblit lentement la couleur bleue; mais cet effet se produit en quelques heures lorsque la solution est exposée à l'action directe des rayons du soleil, la température étant de 30 à 40 degrés.

Ce phénomène, comme l'a expliqué M. Guibourt (*Journal de Chimie médicale*, t. V, 1829), est dû à la décomposition de l'eau, qui forme de l'acide hydriodique, et à la volatilisation de l'iode; nous verrons plus bas qu'il peut rester de l'iodure d'amidon non visible directement.

M. Lassaigne a fait voir que la solution, ainsi décolorée par une exposition aux rayons ardents du soleil, peut reprendre en partie

sa belle couleur bleue par l'addition de quelques gouttes de solution aqueuse de chlore; les résultats suivants sont encore dus à cet habile chimiste : 1° des solutions de chlore et de brôme, mêlées à la solution d'iodure d'amidon, la décolorent à l'instant; il se produit des chlorures et des bromures d'iode qui restent dans la solution; l'acide sulfureux ajouté rétablit peu à peu la coloration, en transformant le chlore et le brôme en acides hydrochlorique et hydrobromique, et passant lui-même à l'état d'acide sulfurique par l'oxygène de l'eau.

La potasse, la soude, la chaux, l'eau de baryte et l'ammoniaque, décolorent l'iodure d'amidon, comme l'ont remarqué MM. Colin et Gaultier de Claubry; lorsqu'on sature ces bases par un acide, la combinaison bleue est reproduite.

La série suivante de mes expériences explique et complète les faits précités, elle met en évidence la structure les caractères organiques et les propriétés physiques et chimiques de l'amidon. On y trouvera notamment l'explication des phénomènes de l'iodure blanc et de la réapparition de la coloration bleue, par des corps incapables d'isoler l'iode de l'acide iodhydrique; enfin, on y reconnaîtra la cause des variations dans les résultats des essais sur l'équivalent d'iode combiné avec l'amidon.

ACTION DE LA TEMPÉRATURE SUR L'IODURE D'AMIDON ÉTENDU OU DISSOUS DANS L'EAU.

Afin de déterminer la limite de la température utile à la décoloration du composé bleu, j'ai cherché quel serait le degré au-dessous duquel il n'y aurait plus de diminution sensible d'intensité dans la coloration. On reconnaît ainsi qu'à 64°, en présence d'un excès d'iode, la coloration bleue est permanente; tandis qu'à 66°, l'iodure se dissout complétement dans une suffisante quantité d'eau, et perd toute sa couleur bleue, qu'il reprend par le refroidissement, si l'on a opéré dans un tube clos, autrement l'intensité diminuerait, surtout par la volatilisation de l'iode. La décoloration exige des températures plus élevées au fur

et à mesure que l'on augmente les proportions d'amidon dans le liquide : elle paraît donc, ici encore, tenir à l'extension de l'iodure qui est dissous en plus forte proportion lorsqu'on élève davantage la température. Cette décoloration a lieu sans doute lorsque les groupes moléculaires du composé sont assez écartés pour laisser passer, sans la réfraction spéciale, les rayons de la lumière.

OPACITÉ DE L'IODURE D'AMIDON.

L'iodure d'amidon est opaque sous une épaisseur d'un centième de millimètre; on le constate aisément en interposant entre l'œil et la lumière une solution de 1 gramme d'iodure dans 1,000 centimètres cubes d'eau, contenue entre deux lames parallèles en verre, écartées de 1,000 centièmes de millimètre ou d'un centimètre, puis en s'assurant que la lumière n'est pas sensiblement transmise au travers de la couche liquide.

Cette observation avait beaucoup contribué à me faire considérer l'iodure bleu d'amidon comme distendu plutôt que dissous, et cette opinion m'a dirigé vers les expériences suivantes, qui toutes ont réussi.

En admettant la dissolubilité de ce composé bleu, on ne peut nier que la disposition particulière de ses particules ne soit telle qu'une foule d'agents les séparent du liquide par une très-légère contraction, et qu'alors l'insolubilité ne soit évidente : c'est ce que prouvent les faits suivants.

SÉPARATION DE L'IODURE D'AMIDON PAR L'ICHTHYOCOLLE.

L'ichthyocolle battue, détrempée, lavée à froid et délayée dans la solution d'iodure, entraîne ce composé bleu dans le réseau qu'elle déploie au milieu du liquide. On peut reconnaître à l'œil nu la séparation; on s'en assure par le filtre, qui retient toute la substance bleue.

PRÉCIPITATION ET CONTRACTION DE L'IODURE PAR LES ACIDES, LES SELS, ETC.

Tous les acides, les composés binaires neutres et les sels essayés, ont produit cet effet avec une énergie et des phénomènes variés.

Nous citerons, entre autres, les acides sulfurique, azotique, chlorhydrique; les chlorures de calcium, de barium, de sodium; les sulfates de chaux, de fer, de cuivre, de potasse et d'alumine; le carbonate de soude, le chromate de potasse, l'oxalate et l'hydrochlorate d'ammoniaque. Ainsi les acides qui dissolvent l'amidon libre contractent l'amidon uni à l'iode : c'est une preuve de plus de l'attraction qui existe entre ces deux corps.

La forme des précipités, leur réunion plus ou moins rapide et complète, la proportion des agents employés pour manifester la séparation entre l'iodure et le liquide, ont varié suivant, 1° que l'amidon hydraté et dissous conservait encore plus ou moins de cohésion, qu'il était extrait de grosses fécules en flocons plus volumineux; ou, 2° au contraire, que mieux divisé, ou extrait de fécules plus jeunes, plus ténues, il éprouvait moins de contraction.

De très-minimes proportions de tous les agents solubles que nous venons d'indiquer peuvent déterminer à l'instant cette séparation tranchée.

Pour fixer les idées par des nombres, nous dirons, 1° qu'on l'obtient à l'aide d'une solution neutre de sulfate de chaux saturée (à 10° de température), étendue de seize fois son poids d'eau pure, versée dans un volume égal au sien du liquide bleu-foncé, que l'on prépare, en ajoutant à froid un léger excès d'iode à la dissolution filtrée d'une partie de fécule de pomme de terre dans 100 parties d'eau; 2° qu'une solution contenant 0,0001 de son poids de chlorure de calcium, mêlée à volume égal avec le même liquide bleu, provoque aussitôt la séparation d'un coagulum bleu; mais celui-ci, dans ces deux cas, occupe longtemps

presque tout le volume, ne laissant voir que par des intervalles minces et près de la superficie le liquide diaphane interposé.

L'amidon désagrégé par divers agents, dissous à chaud, refroidi et uni à l'iode, exige des proportions d'autant plus fortes des agents précités pour être contracté, que la désagrégation a été poussée plus loin.

Dans ces expériences et dans une foule d'autres qu'il serait trop long de rapporter ici, l'iodure d'amidon, lorsqu'il est précipité, a d'ailleurs conservé toutes ses propriétés et semble n'avoir éprouvé qu'un rapprochement entre ses parties.

En effet, la température nécessaire pour opérer la décoloration est d'autant plus élevée que l'iodure, sous l'influence des sels, a pris une forte cohésion, toutes choses égales d'ailleurs; cette circonstance aurait de même pour effet de retarder la dissolution de toute autre matière soluble seulement à chaud.

PRÉCIPITATION DE L'IODURE D'AMIDON PAR UN ABAISSEMENT DE TEMPÉRATURE.

Ce nouvel ordre d'investigations me parut propre à démontrer directement les caractères contractiles de l'amidon hydraté uni à l'iode.

Non-seulement j'obtins, après avoir congelé le liquide, la contraction et l'élimination complète du composé bleu, même dans un liquide qui en contenait moins que la millième partie de son poids, mais encore cet élégant phénomène se manifesta par un simple abaissement de la température à zéro, sans congélation; dans ce dernier cas, les flocons restaient quelquefois tellement volumineux dans trois ou quatre cents fois leur poids d'eau, qu'ils occupaient toute la hauteur du liquide. Or, bien qu'ils se trouvassent pendant plusieurs jours en contact par une énorme surface avec l'eau entre + 12 et 15°, la moindre trace n'en fut pas dissoute : un filtre les retint tous, et le liquide en sortit sans coloration bleue. Ainsi donc une contraction, imperceptible directement, opérée sans l'emploi d'aucun réactif pondérable, avait

suffi pour ôter à l'ioduré d'amidon la propriété de se maintenir en dissolution dans l'eau.

Ces flocons contractés par ce simple refroidissement se comportent dans l'eau à la température de + 65 à 100°, comme s'ils eussent été coagulés par de minimes proportions de sels ou d'acides; ainsi ils se distendent et se décolorent d'autant plus difficilement, et exigent pour cela une température d'autant plus élevée qu'ils ont pris une plus forte cohésion; cependant cette nouvelle extension qui les rend incolores et dissolubles à chaud, laisse reprendre une coloration bleue générale au liquide refroidi; on peut encore les contracter et les séparer de l'eau par un nouvel abaissement de la température à 0°: leurs propriétés les plus fugaces ne sont donc pas sensiblement plus altérées, dans ce cas, que leur composition chimique.

Le phénomène de séparation par refroidissement de l'amidon étendu dans l'eau et bleui par un léger excès d'iode, varie lorsqu'une altération a eu lieu dans la solution aqueuse (avant l'addition de l'iode), soit par le temps, soit par une ébullition trop prolongée. Dans ce cas l'amidon se sépare incomplétement, et sa coloration par l'iode est différente: les parties altérées ou excessivement distendues résistent à la contraction; elles sont colorées en violet qu'un petit excès d'iode fait virer au rouge, tandis que, dans l'eau contenant seulement 0,0005 de son poids d'amidon dissous à l'aide d'une température de 70 à 100° ou d'une courte ébullition, l'excès d'iode produit une nuance verdâtre résultant du bleu d'amidon mêlée à la couleur jaune du réactif.

Les mêmes effets ont lieu par suite de broyages très-énergiques opérés sur l'amidon à froid, soit dans l'eau, soit à sec. Les mêmes différences de la contractilité, sous l'influence des acides, des sels, etc. ont lieu par suite de ces altérations. Après l'action des bases alcalines, les proportions précipitables par contraction sont d'autant plus faibles que la réaction dissolvante

a été plus énergique, bien qu'une belle coloration bleu-indigo ait persisté.

Après les réactions dissolvantes à froid et à chaud des acides forts et de la diastase, les proportions de la substance bleuie précipitable par contraction diminuent rapidement et d'autant que la nuance rougeâtre, signe certain d'une division plus avancée, prédomine davantage.

Toute précipitation par un effet de contractilité due au froid, aux acides et aux sels, cesse lorsque la substance amylacée est divisée au point de donner avec l'iode une nuance de violet rougeâtre, à plus forte raison lorsque, plus atténuée, elle donne une coloration sensiblement rouge.

En d'autre temps nous avons démontré l'extensibilité et la contractilité très-grandes de l'ichthyocolle réduite en gelée à froid, et la destruction de ces propriétés par une simple ébullition dans l'eau, qui n'avait pas altéré la composition chimique.

FORMATION DE L'IODURE D'AMIDON INVISIBLE DIRECTEMENT.

Dans toutes les circonstances où les particules du composé bleu ou violet sont le plus distendues, mieux dissoutes ou plus divisées, la coloration disparaît. Nous rapportons à cette cause :

1° Le phénomène de la décoloration et de la coloration alternatives de l'iodure par la chaleur, et nous allons en citer plusieurs autres exemples.

2° Lorsqu'on a transformé en dextrine et en sucre l'amidon par la diastase, on reconnaît, en versant quelques gouttes d'iode dans le liquide, que la transformation est plus ou moins complète. Cependant, lors même que l'iode ne produit pas ainsi dans les liquides étendus de coloration directe, souvent il arrive qu'après l'avoir fait rapprocher en sirop, même par une ébullition vive, l'iode donne alors une coloration violette ou vineuse que la plus grande distension de l'iodure rendait d'abord imperceptible.

3° Dans une dissolution filtrée d'amidon ainsi que dans l'amidon hydraté à 100° par cent fois son poids d'eau, puis incomplétement attaqué par la diastase, si l'on verse à froid une goutte de solution d'iode, une nuance foncée, bleue ou violette, se manifeste dans les points en contact; mais aussitôt que l'on agite, le composé coloré disparaît en se répartissant dans toute la masse ou en se dissolvant dans l'amidon libre.

4° On obtient le même effet en versant à froid un excès de solution d'amidon sur le liquide qu'on vient de colorer par l'iode; la même quantité d'eau ne détruit pas la couleur.

5° Lorsque, après avoir fait disparaître plusieurs fois la couleur par une température intermédiaire entre 66° et 100, la diminution de l'iode a réduit la proportion du composé bleu au point qu'il soit invisible, on le fait reparaître en contractant ses parties par un acide.

6° Il en est de même de la plupart des cas ci-dessus. Ainsi donc le composé existait, mais ses particules, trop écartées, ne décomposaient plus la lumière.

COMPOSITION DE L'IODURE D'AMIDON.

L'analyse du composé bleu, publiée par M. Lassaigne, ayant été faite sur la partie la plus désagrégeable de l'amidon, m'étant d'ailleurs assuré qu'une plus forte désagrégation enlevait graduellement à l'amidon son pouvoir de combinaison avec l'iode, j'espérai obtenir un composé mieux défini, en saturant à froid, avec un excès de solution aqueuse d'iode, la fécule pure, hydratée (par cinquante fois son poids d'eau bouillante); mais, desséchée alors dans le vide sec à + 100°, l'iodure ne retint que 0,07 d'iode.

Afin de réunir des circonstances plus favorables, je crus devoir répéter l'essai sur de la fécule pure intacte. Je l'agitai à froid dans une solution aqueuse saturée d'iode, que la fécule décolora en lui enlevant tout l'iode et se colorant elle-même en

bleu intense. Je renouvelai la solution jusqu'à ce que sa coloration jaune persistât sans diminution sensible, alors l'iodure en grains opaques d'un bleu très-intense fut desséché dans le vide sec à + 12°; puis, soumis à une nouvelle dessiccation à 110° dans le vide au-dessus de l'acide sulfurique concentré, il fut pesé en cet état; enfin, lavé avec une solution froide d'ammoniaque qui le décolora en enlevant l'iode, puis à l'eau distillée, et séché à 100°, il devint manifeste qu'il avait acquis d'abord, puis perdu ensuite 0,057 d'iode, ce qui était loin de correspondre à un équivalent.

Il était d'ailleurs possible que la combinaison n'eût pas atteint ses limites dans l'intérieur des grains de fécule : j'essayai de favoriser la réaction par une hydratation préalable à chaud, puis de rendre le composé bleu plus stable par l'addition d'un sel neutre : à cet effet, 5 décigrammes de fécule pure, séchée à 120° dans le vide, furent hydratés au bain-marie, à la température de + 80° dans 100 centimètres cubes d'eau, le liquide étant refroidi à + 50°. On y versa de la solution saturée d'iode, en excès, ce qu'annonçait la nuance bleue virant au vert.

On ajouta alors 1g,5 de chlorure de sodium dissous dans 10 grammes d'eau, et, ayant abaissé la température du mélange à + 8°, l'iodure bleu, précipité en flocons, se rassembla au fond du vase; le liquide surnageant était jaune et contenait évidemment un excès d'iode.

Décanté, filtré, rapproché, ce liquide donna quelques flocons impondérables d'iodure bleu sans autre résidu, tout l'iodure floconneux recueilli avec soin et pesé donna un poids net, en tenant compte du sel interposé, et après dessiccation à 100° dans le vide, de 538, ce qui représentait 38 d'augmentation de poids dû à l'iode, ou 7,10 pour 100, ou un peu moins d'un dixième d'équivalent.

SATURATION DE L'AMIDON EN GRAINS PAR LA VAPEUR D'IODE.

Un moyen analogue à celui qui procure un terme constant

d'hydratation me parut devoir être tenté pour saturer l'amidon en grains par l'iode. 968 milligrammes de fécule à 0,18 d'eau furent placés dans tube clos en présence de 4 grammes d'iode précipités par l'eau sur un filtre.

La fécule prit peu à peu et successivement, à partir des points rapprochés de l'iode, les nuances orangée jaune, violacée terne, violet rougeâtre, violet, indigo, indigo foncé presque noir.

Le filtre acquérait en même temps les colorations analogues suivantes, dues aux quantités accrues par degré, de l'iode distribué sur son tissu : jaune fauve, orangé, fauve violacé, violet rougeâtre, violet foncé.

La tension de la vapeur d'iode fut de temps à autre soutenue en maintenant la température dans la partie du tube correspondante au filtre de 25 à 50°.

Au bout de dix jours toutes les parties de l'amidon paraissant pénétrées au maximum par la vapeur d'iode condensée, on retira le filtre; l'iodure, après dessiccation dans le vide sec à + 15°, pesait 904 milligrammes d'après des expériences antérieures; il devait alors retenir 2 équivalents d'eau : en effet la dessiccation, poussée à ses limites par une température soutenue de 100 à 105° dans le vide, occasionna une perte d'eau égale à 78 milligrammes : il restait donc un poids d'iodure sec égal à 826, retranchant l'équivalent de la fécule employée ou 794, on avait 3,2 pour le poids de l'iode en combinaison, ce qui ne représente que 4 pour 100 d'iodure : ainsi la saturation était plus incomplète que par les autres procédés.

SATURATION DE L'AMIDON PAR L'IODE, DÉTERMINÉE SANS DESSICCATION.

Craignant encore qu'une cause d'erreur, dans les essais précédents, ne fût due à la volatilisation d'une partie de l'iode, j'imaginai un autre mode de vérification qui permît d'apprécier le pouvoir saturant de l'amidon, sans obliger à aucune évaporation; voici comment j'expérimentai :

Cinq décigrammes de fécule à 0,18 d'eau, représentant 41 centigrammes d'amidon à 1 équivalent d'eau, furent délayés dans 100 centimètres cubes d'eau; le mélange fut chauffé à l'ébullition, puis refroidi; on y versa 184,5 milligrammes d'iode dissous dans 14 centimètres cubes d'alcool; le liquide, d'un bleu très-foncé, fut agité de temps à autre pendant une demi-heure; alors on ajouta 2 grammes de sel marin en poudre, et, lorsqu'il fut dissous par l'agitation, on laissa déposer.

Il était d'avance évident que, la quantité d'iode employée étant proportionnée à un équivalent d'iode pour un d'amidon (:: 1579,5: 2025), si la combinaison avait lieu dans ce rapport, il ne devait plus rester d'iode libre en solution, et après la précipitation le liquide surnageant eût été incolore; mais loin de là, sa nuance annonça qu'il était saturé d'iode, dont il avait par conséquent retenu un grand excès.

Dans la prévoyance de ce résultat, j'avais disposé un mélange tout semblable, sauf l'amidon qui en avait été complétement exclu.

Dans ces deux liquides, une partie de l'iode s'étant précipitée, j'ajoutai peu à peu dans le premier assez d'eau alcoolisée pour tout redissoudre, et même un excès que l'affaiblissement de sa nuance annonça; il en contenait alors 450. J'ajoutai ensuite assez d'eau dans le premier pour arriver enfin à une égale intensité de nuance; il en fallut en totalité 500 centimètres cubes; ainsi donc l'iode absorbé par la fécule était représenté par un dixième seulement de la quantité qui eût représenté un équivalent, et c'était là un maximum, puisque l'amidon restait en présence d'un excès d'iode dont l'évaporation était rendue impossible.

Il paraissait donc bien évident que la faculté de combinaison de la fécule pour l'iode dépendait de la cohésion acquise entre ses parties, et que ce pouvoir ne pouvait atteindre à la limite correspondante à un équivalent d'iode (2025 : 1579,5).

Cependant une expérience de M. Lassaigne avait approché de ce résultat, que j'avais obtenu ensuite moi-même en la répétant

dans des circonstances analogues, c'est-à-dire en versant un grand excès de solution alcoolique d'iode sur de l'amidon hydraté ou dissous et séchant à froid. J'ai trouvé l'explication de cette anomalie apparente en découvrant dans l'iodure ainsi préparé des cristaux d'iode.

On observe facilement ces cristaux sous le microscope en mélangeant une goutte de solution aqueuse d'amidon avec une goutte de solution alcoolique d'iode saturée sur le porte-objet: on voit aussitôt une belle cristallisation de longs prismes quadrangulaires opaques, souvent opposés bout à bout, étincelant comme des lames d'acier poli; les plus longs ont 25 centièmes de millimètre, et seulement 1 centième de millimètre de largeur; ils sont terminés tantôt en pointe acérée, tantôt par des pyramides à quatre faces; quelquefois plus courts, ils représentent une projection rhomboïdale.

L'impossibilité d'unir l'iode à l'amidon dans les rapports des poids équivalents me détermina à entreprendre une nouvelle série d'expériences, dans la vue d'apprécier, soit la force de combinaison, soit ses différences dans les réactions entre l'amidon en grains intacts et l'iode: voici les principaux résultats de ces investigations.

ACTION DE LA TEMPÉRATURE SUR LES GRAINS D'AMIDON HYDRATÉS ET UNIS AVEC L'IODE.

La fécule pure, tenue pendant huit jours dans une solution aqueuse, saturée d'iode que l'on renouvela huit fois, fut desséchée dans l'air à + 16° de température, l'hygromètre marquant de 50 à 55°; pesée en cet état, puis séchée 12 heures à 15° dans le vide, elle perdit 22^{m} sur 295 ou 6,8 pour cent, ce qui équivaudrait à 2 équivalents d'eau, en supposant engagée dans cette combinaison la proportion d'iode observée (7,1 pour 100).

Il résulte de là que l'amidon combiné avec l'iode retient sensiblement dans le vide + 15°, autant d'eau que l'amidon libre

dans les mêmes circonstances, ce qui est d'accord avec les observations précédentes et celles qui suivent.

En continuant de chauffer dans le vide pendant dix heures, à la température de 105°, il se dégagea 23 milligrammes d'eau, ce qui correspond encore à 2 atomes; les dernières traces furent très-difficiles à enlever.

RÉSISTANCE REMARQUABLE ACQUISE PAR L'AMIDON EN GRAINS SOUS L'INFLUENCE DE L'IODE.

Si l'on opère la dessiccation lentement dans le vide à 220°, qu'on soutient 40 minutes, il se dégage d'abord de l'iode, puis le dégagement cesse; après le refroidissement dans le vide la matière est encore d'une nuance très-foncée; si l'on ajoute un peu d'eau, puis qu'on dessèche à 220°, un nouveau dégagement d'iode a lieu, mais la nuance est très-foncée encore; l'iodure épuisé par l'eau ne cède que 0,02 environ de substance soluble, qui se colore en violet par l'iode.

Ainsi une très-forte proportion de l'amidon est préservée par l'iode de la désagrégation, que cette haute température eût complétement opérée.

Au contraire, la combinaison acquiert une cohésion et une résistance très-remarquables aux agents de dissolution.

La plupart des grains restent d'un bleu opaque presque noir; ceux-ci résistent aux alcalis et aux acides concentrés à froid, et ne s'attaquent que lentement à chaud par l'acide sulfurique concentré, qui alors dégage de l'acide sulfureux.

Les grains qui, plus faiblement agrégés, avaient perdu la plus grande partie de l'iode, se montraient d'une couleur jaune foncé, translucides sous le microscope, insolubles dans l'eau, fragiles, à cassures anguleuses vitriformes.

L'acide sulfurique concentré les attaquait lentement à froid et les désagrégeait par degrés.

Une stabilité aussi grande, donnée à l'amidon par l'iode,

offre une preuve de plus d'une combinaison réelle entre ces deux corps[1].

Voici un autre exemple de la résistance acquise par l'amidon sous l'influence de l'iode : si l'on soumet à l'ébullition un mélange d'eau 100, fécule 2, acide sulfurique 1, pendant une demi-heure, le liquide refroidi ne donnera plus aucune coloration par l'iode, il ne contiendra que de la dextrine et du *sucre;* mais si, dans un semblable mélange on a préalablement ajouté un excès d'iode on pourra chauffer ensuite pendant une demi-heure à 100° sans faire perdre à l'amidon la propriété de bleuir et même de se précipiter par l'iode.

LIQUÉFACTION DE L'IODURE D'AMIDON HYDRATÉ.

Afin de vérifier si l'influence très-grande de l'eau d'hydration sur la désagrégation de la fécule contrebalancerait la tendance de l'iode à maintenir plus stables les parties de l'amidon en grains, je plongeai dans un bain d'huile chauffé à 162° de l'iodure saturé d'iode en grains pulvérulents, à 2 équivalents d'eau, placés dans un tube clos. Au bout de 30 minutes, cet iodure fut intégralement fondu ; refroidi, il se présentait en masse vitriforme diaphane, jaune fauve, inattaquable par l'eau, soluble dans l'acide sulfurique froid, précipitable par l'eau en flocons bruns.

DÉSAGRÉGATION, PAR LA CHALEUR, DE L'IODURE EN GRAINS DEMI-SATURÉ D'IODE, MAIS HYDRATÉ.

Voulant accroître l'influence de l'eau en diminuant celle de l'iode, je soumis brusquement dans un tube ouvert, à 162° de

[1] En commençant cette étude, j'ai observé non-seulement le produit insoluble inattaquable à froid par les acides et les bases énergiques, mais en variant la durée de l'opération, la température et la proportion d'eau, j'ai obtenu une substance soluble à froid, une autre insoluble, mais se pouvant dissoudre après avoir été exposée humide à l'air, précipitant alors par l'acide chlorydrique en flocons bruns.

température, de la fécule unie seulement à 0,04 d'iode et contenant 4 équivalents d'eau : après une demi-heure de réaction, les grains, primitivement d'un violet foncé étaient de couleur fauve, diaphanes, cassant comme de petits granules de gomme, très-dissolubles à l'eau ; leur solution développait par l'iode une coloration d'un violet rougeâtre ; ainsi la présence de l'eau avait surmonté l'action constrictive de l'iode.

INERTIE DE LA SOLUTION ALCOOLIQUE D'IODE SUR L'AMIDON SEC, ET DÉCOMPOSITION DE L'IODURE D'AMIDON PAR L'ALCOOL ANHYDRE.

Les deux expériences suivantes montrent que l'action entre l'alcool et l'iode est plus énergique que la combinaison entre l'iode et l'amidon sec : que l'on agite en vase clos, à froid, une solution d'iode dans l'alcool anhydre avec de l'amidon séché au maximum (de 100 à 130° dans le vide : $= H^2 O, C^{24} H^{18} O^9$), il ne s'opérera immédiatement aucune combinaison, l'amidon restera blanc et la solution alcoolique conservera sa couleur sans déperdition aucune ; si alors on ajoute quelques gouttes d'eau au mélange, la combinaison aura lieu sur-le-champ et les grains d'amidon deviendront aussitôt d'un violet de plus en plus foncé.

Réciproquement, si l'on agite de la fécule bleuie par un excès d'iode, dans vingt fois son poids d'alcool anhydre, et qu'on renouvelle plusieurs fois celui-ci, les grains d'amidon perdront chaque fois une nouvelle quantité d'iode, mais très-lentement ; au bout de dix jours, après avoir renouvelé huit fois l'alcool, la coloration, de plus en plus affaiblie, aura viré au violet rougeâtre, et plus des 0, 8 de l'iode auront été séparés de la fécule.

Si l'on agit à la température de l'ébullition de l'alcool, aucun des grains n'est déformé, la décoloration est plus rapide, et, dans tous les cas, on observe sous le microscope une décoloration beaucoup plus avancée sur les plus jeunes grains, qui sont devenus diaphanes et rosâtres.

DIMINUTION DE LA COULEUR DE L'IODURE D'AMIDON PAR UN PHÉNOMÈNE DE TRANSPARENCE SANS RÉACTION CHIMIQUE.

Les nombreuses observations qui précèdent concourent à prouver que la coloration de la substance amylacée par l'iode dépend de l'arrangement organique des particules entre lesquelles l'iode modifie la lumière, puisqu'on peut, en altérant ces dispositions, changer ou détruire les effets de coloration.

Il était donc permis de supposer qu'en rendant ce passage plus libre aux rayons lumineux, à l'aide d'un corps inerte interposé, on affaiblirait les phénomènes de coloration.

On réalise cette déduction par les expériences suivantes :

Après avoir privé l'iodure d'amidon de 0,03 d'iode par un lavage à chaud dans l'alcool anhydre, on l'a séché à l'air et placé sous le microscope, tous ses grains parurent violets demi-transparents ou opaques. En ajoutant entre les lames du porte-objet une goutte d'huile de moelle, récente, incolore et pure, on vit une décoloration marquée s'effectuer au fur et à mesure de la pénétration de l'huile, de la périphérie au centre.

Cet effet est plus prompt sur les plus jeunes grains (qui ne sont pas toujours les plus petits, mais ceux dans lesquels toutes les observations annoncent une agrégation plus faible); au bout de quelques heures, plusieurs d'entre eux montrent en projection un disque central violet ou rougeâtre, entouré d'un cercle diaphane sans couleur; on pourrait prendre ces grains de fécule pour des globules de sang, si leur noyau n'offrait des bords irréguliers ou nuageux, et s'ils ne laissaient discerner leur hile.

Ce curieux phénomène s'opère plus rapidement lorsque l'on accélère la pénétration de l'huile par une dessiccation préalable de l'iodure à + 80°; alors, au bout d'une heure, plusieurs des plus jeunes grains sont presque entièrement décolorés; d'autres à peine rosâtres, le plus grand nombre demi-translucides auprès du centre, diaphanes ou sans couleur sur les bords de leur pro-

jection ; quelques-uns des plus vieux, restés violets opaques, ne sont pas décolorés dans une profondeur appréciable.

Ainsi donc, ici encore une diaphanéité graduellement acquise, produisant les effets d'une division à divers degrés, donnait lieu à toutes dégradations de nuances dont tant de réactions m'avaient permis d'apprécier la principale cause; toutefois on pouvait ici supposer, soit une altération spéciale qui eût détruit la combinaison, soit une dissolution par l'huile qui eût entraîné l'iode; j'essayai de lever d'avance ces objections en faisant reparaître l'iodure avec tous ses caractères : j'y parvins en faisant d'abord imbiber dans du papier l'huile interposée : puis extrayant, à l'aide de l'éther, celle qui avait pénétré à l'intérieur des grains, alors la couleur de l'iodure reparut avec son intensité première dans les grains qui avaient paru décolorés.

EXFOLIATION À FROID DE L'AMIDON TEINT PAL L'IODE.

Après avoir desséché l'iodure d'amidon par une température soutenue de 100° dans le vide, si on le laisse refroidir, on pourra s'assurer, en l'observant au microscope dans l'alcool anhydre, que ses grains violets, opaques, sont intacts; mais alors, si l'on y ajoute de l'eau froide, soit pendant qu'il est encore mouillé d'alcool, soit à nu, on verra aussitôt un grand nombre de grains se rompre, s'exfolier, une partie même de leur substance se désagrégera dans le liquide et prendra des nuances violettes, rougeâtres, tandis que les couches exfoliées, en s'hydratant, acquerront des nuances très-rapprochées du bleu. Ce joli phénomène, si facile à reproduire, prouve l'énergie de l'attraction de l'iodure d'amidon pour l'eau.

Toutes les expériences qui précèdent ayant mis en évidence l'attraction énergique de l'iode pour l'amidon hydraté, je voulus vérifier, par une saturation directe, les proportions maximes d'iode engagées dans cette sorte d'action.

756 milligrammes de fécule à 2 équivalents d'eau furent

hydratés dans 300 grammes d'eau à 100° pendant une heure; le liquide refroidi reçut 58, 5 milligrammes d'iode, dissous dans 8 centimètres cubes d'alcool. Le contact ayant duré douze heures, on opéra la séparation à l'aide de trois grammes de chlorure de sodium, et l'on vit peu à peu, au bout d'une heure, les flocons bleus se précipiter en se contractant, surnagés par un liquide teint en jaune verdâtre; il fallut ajouter 84 milligrammes de fécule, hydratée à 100° dans 20 centimètres cubes d'eau, pour que la solution surnageante devînt sensiblement incolore.

Ainsi donc, le maximum d'iode fixé par l'amidon est d'un équivalent du premier pour dix équivalents du second; car,

$$756 + 84 = 840 : 58,5 :: 2250 : 155,9.$$

L'importance attachée avec raison par les chimistes, les physiologistes et les organographes, au caractère de la coloration de l'amidon par l'iode, me détermine à résumer ici les déductions définitives sur la nature de ce composé.

CONCLUSIONS SUR LA NATURE DE L'IODURE D'AMIDON.

L'art de la teinture consiste, suivant M. Chevreul, à fixer sur les étoffes, au moyen de l'attraction moléculaire, des substances qui agissent sur la lumière autrement que ne le fait la surface des étoffes.

L'action de l'iode sur l'amidon peut être nettement définie de la même manière; c'est la résultante de l'attraction d'un groupe de particules amylacées sur une particule d'iode et non une combinaison d'atome à atome.

Un équivalent d'iode suffit pour teindre dix équivalents d'amidon; les poids sont entre eux comme 7, 18 : 92, et les volumes comme 1 : 42, 53 [1].

[1] On conçoit que ces rapports observés sur la grosse fécule de pommes de terre, hydratée par six cents fois environ son poids d'eau à 100°, doivent varier suivant l'état d'agrégation des particules qui change avec l'âge des tubercules, avec la nature, l'état de végétation et l'âge de tous les tissus qui contiennent l'amidon.

La réaction intime est prouvée par les propriétés nouvelles du composé et notamment par une résistance telle à l'élévation de la température, que la substance organique peut être soustraite à la désagrégation, perdre avec l'iode son eau de composition et se réduire presque en charbon sans changer de formes.

La stabilité de l'iodure bleu étendu dans l'eau froide, et sa grande contractilité sous diverses influences, prouvent encore une attraction énergique entre ses composants.

Les nuances les plus rapprochées du bleu sont fixées sur la substance amylacée, distendue dans l'eau, mais non désagrégée, comme elle le serait par la diastase ou les acides forts.

Dans les grains d'amidon intacts, l'iode en vapeur ne peut pénétrer en proportions suffisantes pour produire la coloration bleue, bien que la nuance violette soit intense au point de paraître noire.

Cette coloration se dégrade par les agents qui enlèvent l'iode (l'alcool par exemple); elle est affaiblie par les corps qui aident le passage de la lumière (comme l'huile).

Tous les moyens d'atténuer les groupes des particules amylacées diminuent la force d'attraction de ces groupes pour l'iode; alors aussi on ne peut obtenir que des nuances violettes. Il en est de même relativement à l'amidon en grains hydratés, lorsque l'alcool intervenant diminue, par son affinité pour l'iode, les proportions de ce réactif fixées [1].

Lorsque enfin les groupes des particules organiques disparaissent sous une division telle que toutes les propriétés contractiles sont évanouies, la faculté de *fixer l'iode* ou de *se teindre* disparaît aussi; en un mot, l'amidon est changé en dextrine.

[1] D'un côté, les modifications de la couleur bleue, lorsqu'elle vire aux nuances violettes par l'atténuation des particules combinées, d'une autre part, la coloration bleue propre à la substance qui, étant moins désagrégée, est douée d'une plus forte attraction pour l'iode, peuvent se comprendre, en les comparant aux deux ordres de phénomènes qui suivent :

1° Beaucoup de substances qui réfléchissent le bleu, telles que l'indigo et le bleu de Prusse, se nuancent de violet, de rouge et d'orangé, lorsqu'ils sont très-divisés ou polis;

2° Sur une superficie violette, la fixation d'une matière jaune peut produire le bleu.

L'iode est un réactif insuffisant pour prouver la présence, l'absence ou les proportions de la substance amylacée; car, 1° des colorations violettes, analogues à celles de l'iodure d'amidon, peuvent être communiquées au papier par l'iode; 2° l'amidon, faiblement agrégé ou désagrégé, ne donne ni couleur, ni composé stable avec l'iode; et 3° la présence de l'alcool fait virer au violet de plus en plus rougeâtre les nuances de l'iodure d'amidon en grains.

ACTION DU CHLORE ET DU CHLORURE DE CHAUX SUR L'AMIDON.

Aucune des nombreuses réactions que j'ai étudiées ne démontre d'une manière plus élégante la structure des grains d'amidon et les différences d'agrégation dans chacune des couches concentriquement emboîtées.

Nous avons vu que l'iode exerce sur l'amidon une action tantôt constrictive, tantôt divellante; il y a tendance à la combinaison ou à la désagrégation, suivant qu'on opère à froid ou à chaud, suivant qu'on élimine l'eau avant d'élever la température et à mesure que celle-ci s'élève, ou bien qu'au contraire on fait simultanément agir l'eau, l'iode et la température; il doit donc se produire, surtout à chaud, des résultats complexes et des combinaisons nouvelles dignes d'être étudiées.

L'action du chlore, bien plus énergique, semble être toute de décomposition; en effet, une solution neutre de chlorure de chaux, même à froid, attaque l'amidon : l'action très-prolongée transforme la substance en acide carbonique et en eau; il se forme du chlorure du calcium; l'excès de chlorure de chaux, attaqué par l'acide carbonique, donne lieu à du carbonate de chaux qui se dépose, et à du chlore qui se dégage et dont une partie prend part à la réaction sur la substance organique.

La réaction que nous venons de décrire consiste en une véritable combustion au milieu du liquide; si l'on opère à 70°, elle devient si vive qu'elle occasionne une forte effervescence qui

continue sans chauffer, et dégage un grand excès d'acide carbonique facile à recueillir [1].

Si l'on agit à froid, la solution de chlorure s'affaiblit et agit plus lentement : au bout de plusieurs mois une grande partie des grains de fécule, vus sous le microscope, paraissent entiers et laissent apercevoir toutes leurs couches concentriques ; ils n'ont perdu en effet que les parties le plus faiblement agrégées de chacune des couches, en sorte que, lavés et imprégnés d'iode, on voit qu'ils ont été attaqués inégalement [2]. Parmi les plus gros, quelques-uns prennent encore une teinte violette si foncée qu'ils sont opaques ; les plus petits, et sans doute les plus jeunes, n'acquièrent que des teintes faibles violettes, rougeâtres ou fauves ; un assez grand nombre restent presque incolores, bien qu'ils laissent encore voir des pellicules concentriques, que leur cohésion a préservées comme la pellicule externe.

Pour le démontrer, il faut, en diminuant cette cohésion, leur rendre la propriété de bleuir par l'iode.

On y parvient à l'aide d'une des plus simples et des plus jolies observations microscopiques : maintenus, saturés d'iode sur le porte-objet, on introduit, entre les deux lames de verre, une goutte d'acide sulfurique étendu de son volume d'eau : chacun des grains d'amidon qu'il touche se gonfle aussitôt un peu dans toutes ses parties, et, lorsque la désagrégation est convenablement modérée, on voit chaque couche concentrique devenir d'un beau bleu, et souvent plusieurs d'entre elles s'exfolier en tuniques légères et ondulées.

On compte souvent 10 à 15 de ces tuniques emboîtées, dont l'épaisseur varie de 0,5 à 0,1 de millième de millimètre.

La première enveloppe externe se conduit encore ici comme

[1] Ayant découvert l'identité de composition chimique entre les membranes des végétaux et l'amidon, je fus conduit à essayer sur elles la réaction du chlore et du chlorure de chaux, qui tous deux produisirent une combustion rapide, au bain-marie.

[2] Ici encore la partie désagrégée se résout en dextrine, et tous les degrés de dégradation du violet au rouge, sous l'influence de l'iode, montrent dans la solution ces produits de la désagrégation qui précèdent la dissolution complète et la combustion.

les tuniques de l'intérieur; c'est donc une démonstration nouvelle et des plus élégantes, de cette structure remarquable.

PHÉNOMÈNES DUS À LA CONTRACTILITÉ DE L'AMIDON SOUS L'INFLUENCE DE LA BARYTE, DE L'OXYDE DE PLOMB ET DE L'HYDRATE DE CHAUX.

La solution de baryte contracte très-fortement la fécule lorsque celle-ci est prodigieusement gonflée par l'eau bouillante et refroidie.

Si l'on verse une solution de baryte dans un empois même très-léger, celui-ci offre aussitôt deux parties distinctes: l'une, très-liquide; l'autre, ayant acquis par la séparation de l'eau une forte cohésion, présente une masse dure, élastique, très-difficilement perméable.

Lors même que l'amidon est beaucoup plus dilaté encore et séparé des parties les plus agrégées à l'aide de la filtration, il éprouve, par la solution de baryte une contraction telle, qu'il est précipité à l'instant, et ses flocons agglutinés s'attachent aux parois du vase.

Mais dès que la combinaison, graduellement complétée avec la baryte, a détruit la forme spongieuse contractée de l'amidon, la dissolution entière s'effectue dans la même quantité d'eau au milieu de laquelle la précipitation avait eu lieu.

Ce phénomène de précipitation est fort remarquable, car il est dû à une réaction dont le produit est une combinaison soluble.

Aucun autre, en effet, ne manifeste mieux la disposition organique des particules; on conçoit que celles-ci, n'étant disséminées que par groupes, puissent se rapprocher sur plusieurs centres d'action où la combinaison s'opère, sans trouver autour d'elles assez d'eau pour se dissoudre, tandis qu'il s'en trouve dans la masse liquide un excès qui se décèle bientôt par la dissolution totale.

Nous verrons plus loin comment on peut déterminer le poids

équivalent de la matière organique engagée dans cette combinaison.

Le sous-acétate de plomb donne avec l'amidon rapidement hydraté, dissous et filtré, un précipité insoluble, même dans un excès d'eau, tandis qu'il ne précipite pas directement l'amidon désagrégé parvenu à l'état de dextrine; toutefois la même combinaison, opérée à l'aide d'un agent auxiliaire, nous servira pour trouver la capacité de saturation de la substance amylacée dans ces deux états.

L'eau de chaux précipite aussi l'amidon en flocons variables, suivant l'état de division de cette substance, signalant encore les mêmes dispositions organiques et leurs altérations dans la substance amylacée.

Les solutions de sulfate de cuivre, de persulfate de fer, de chlorure de barium et de divers sels, ne précipitent pas l'amidon plus ou moins désagrégé, dissous à chaud, refroidi et rendu limpide par la filtration.

Le sel marin produit cependant un effet évident de contraction sur l'amidon hydraté; voici comment on s'en assure.

Ayant préparé dans un tube et au bain-marie un empois léger avec 1 gramme de fécule sèche et 25 centimètres cubes d'eau, chauffés en les agitant jusqu'à 95°; puis refroidis, on pose sur la superficie de la substance amylacée 4 ou 5 grammes de sel marin en cristaux menus; au bout de 24 heures on voit distinctement un liquide diaphane, extrait par le sel, s'interposer entre ses cristaux, et chaque jour former une solution plus abondante et limpide qui surnage : un excès d'iode y accuse la présence de l'amidon dissous, en produisant une combinaison bleue dont les flocons se contractent bientôt et se précipitent lentement.

ÉPURATION DE LA FÉCULE DES POMMES DE TERRE ET EXTRACTION DIRECTE DE L'HUILE ESSENTIELLE.

On débarrasse l'amidon de corps étrangers par une lévigation

qui laisse le sable, puis par des lavavages avec l'eau, l'alcool, l'acide acétique et l'ammoniaque, en ayant le soin d'éliminer par l'eau chacun des réactifs avant d'en employer un autre [1].

Pour bien comprendre l'utilité des lavages successifs et jusqu'à épuisement complet par ces agents, il faut se rappeler que la fécule formée par intus-susception de la substance amylacée, retient, interposées dans ses couches concentriques ou adhérentes à sa superficie, des traces de tous les corps que l'on trouve dans le suc des pommes de terre : ce sont notamment trois matières azotées, dont une soluble dans l'eau et l'alcool, une autre analogue à l'albumine, et une troisième semblable au caseum; deux principes colorants, dont l'un se développe sous l'influence de l'ammoniaque, lors même que tous les autres réactifs ci-dessus ont cessé d'agir, et font prendre à l'eau de lavage une nuance jaune fauve prononcée, une substance amère, une résine, de l'huile essentielle à odeur spéciale caractéristique de cette fécule, des matières grasses dont une est cristallisable, de la cire, quelquefois de l'asparagine, de la solanine et de la chlorophylle, des phosphates et citrates de potasse et de chaux, parfois du sulfate de chaux et de la silice.

On peut obtenir directement près de 2 grammes de l'huile essentielle brute en traitant 5 kil. de fécule répartis dans 10 flacons par 10 litres d'alcool le plus pur possible; on fait passer successivement le même alcool dans chacun des 10 flacons, on agite fortement à chaque transvasement, on laisse déposer et l'on observe une teinte jaunâtre graduellement plus foncée dans le liquide : lorsque celui-ci est arrivé dans le dixième vase et s'y est éclairci par le repos on le décante, on le passe sur un double filtre, puis on le distille au bain-marie.

L'alcool recueilli sert à de nouveaux lavages dans lequels ils se charge encore graduellement en épurant de plus en plus la fécule.

[1] On pourrait remplacer l'acide acétique par l'acide chlorhydrique étendu de 500 volumes d'eau, et l'ammoniaque par de la soude ou de la potasse étendues de 2000 parties d'eau, mais l'épuration serait moins facile.

Après six ou huit séries de ces lavages et distillations, la fécule du premier flacon, qui a toujours reçu l'alcool le plus pur, offre plusieurs indices d'épuration; ses grains, plus adhérents entre eux, restent en une masse au fond du vase lorsqu'on décante; elle est plus blanche et ne retient plus sensiblement l'odeur de fécule lorsqu'on l'a débarrassée par l'eau de l'alcool interposé.

Les résidus de toutes les distillations évaporés laissent une huile jaune fauve, en partie soluble dans l'eau, à laquelle elle communique l'odeur particulière à la fécule; cette huile dépose une substance cristalline, blanche, soluble dans l'alcool; elle donne, par la distillation sur l'eau, l'huile essentielle de pommes de terre, épurée.

C'est surtout la fécule du premier flacon dont il convient d'achever l'épuration à l'aide de l'eau, de l'acide acétique et de l'ammoniaque, qui tous enlèvent des corps étrangers.

RÉACTION DES ACIDES SUR L'AMIDON.

Les résultats connus de la réaction des acides sur l'amidon se trouvent, d'ailleurs, très-bien décrits chez les auteurs mentionnés dans notre abrégé historique, nous croyons donc devoir nous dispenser de les rappeler ici.

Nous ajouterons toutefois que le premier effet des acides sulfurique, chlorhydrique, azotique, tartrique, ne se borne pas, comme on l'avait généralement supposé, à rompre une enveloppe et à mettre en liberté une substance gommeuse interne; mais qu'il consiste à désagréger toute la substance amylacée et à lui faire perdre en la dissolvant les caractères dus à la structure spéciale que nous avons fait connaître;

Que, l'acide acétique n'opérant pas un effet semblable, on peut tirer de cette différence un parti important pour la science et les applications que nous indiquerons plus loin.

Parmi les réactions ultérieures des acides forts, l'une des plus

intéressantes et des mieux connues, est celle de l'acide sulfurique, à l'aide duquel l'eau change l'amidon et la dextrine en une substance analogue à celle dite sucre de raisin, de diabète, et au sucre que produit l'action de la diastase.

Nous avons vu plus haut que ces réactions sont énergiquement entravées par la présence de l'iode.

XYLOÏDINE.

Au nombre des réactions les plus curieuses entre les acides et la substance amylacée, il faut ranger celle que l'acide azotique exerce en s'y combinant.

Nous ne voulons pas ici parler de la transformation importante, mais depuis long-temps connue, de l'amidon en acide oxalique; nous décrirons seulement des combinaisons nouvellement constatées, dont une se réalise tout en conservant en grande partie une résistance et une insolubilité anologues à celles de la matière organique. Les notions suivantes, qui s'y rapportent, sont extraites d'une communication faite par M. Pelouze à l'Académie des sciences.

Il y a quelques années M. Braconnot observa que l'acide nitrique concentré convertit l'amidon, le ligneux et quelques autres substances en une matière nouvelle qu'il nomma xyloïdine.

La composition de cette substance, les circonstances qui accompagnent sa formation, n'ont pas été examinées; ses propriétés principales étaient incomplétement déterminées ou inconnues: ma note, dit M. Pelouze, sans combler cette lacune, fera mieux connaître la xyloïdine.

Si l'on fait un mélange d'amidon avec l'acide nitrique, ayant une densité de 1, 5, au bout de quelques minutes la disparition de l'amidon est complète, la liqueur conserve la teinte jaune de l'acide nitrique concentré, et aucun gaz ne se dégage; traitée immédiatement par l'eau, elle laisse précipiter la xyloïdine

tout entière, et la liqueur filtrée donne par l'évaporation à peine un résidu sensible.

Si au lieu d'opérer la précipitation par l'eau aussitôt après la dissolution de l'amidon, on abandonne la liqueur à elle-même dans un vase fermé, elle se colore peu à peu et affecte les teintes diverses d'un mélange d'acide nitrique et de deutoxyde d'azote.

L'eau y forme un précipité de xyloïdine, dont la quantité diminue de plus en plus avec le temps; au bout de deux jours et quelquefois même de plusieurs heures elle cesse entièrement de se troubler. La xyloïdine a été détruite et transformée complétement en un nouvel acide que l'évaporation présente sous la forme d'une masse blanche solide, incristallisable, déliquescente, dont le poids et beaucoup plus considérable que celui de l'amidon soumis à l'expérience. Du reste, il ne se produit ni acide carbonique, ni acide oxalique pendant cette réaction.

La xyloïdine, premier produit de l'acide nitrique sur l'amidon, résulte de l'union, équivalent à équivalent, de ces deux corps.

Lorsqu'au lieu d'abandonner à la température ordinaire un mélange d'amidon et d'acide azotique concentré, on le porte à l'ébullition: l'amidon, décomposé en quelques minutes, produit le nouvel acide déliquescent qu'on obtient alors facilement pur et en très-grande quantité par une évaporation au bain-marie.

Cet acide ne contient pas d'azote; il a quelques rapports avec l'acide oxalhydrique (acide-nitro-saccharique), mais il en diffère par sa composition. Une chaleur modérée le convertit en un autre acide de couleur noire, soluble dans l'eau, et susceptible de régénérer, sous l'influence de l'acide azotique, l'acide blanc dont il dérive.

L'acide azotique concentré, bouillant, l'attaque avec la plus grande difficulté; à froid, il le change lentement en acide oxalique sans qu'il y ait production d'acide carbonique.

Ainsi par une oxydation lente, que détermine la présence d'une

quantité convenable d'acide azotique concentré, l'amidon se convertit successivement en xyloïdine, en acide déliquescent et en acide oxalique, sans que le carbone participe au déplacement des autres éléments de ces matières. Ces réactions curieuses s'effectuent d'elles-mêmes à froid dans des vases fermés.

La xyloïdine est combustible dans l'air à la température de 180° centésimaux; elle prend feu, brûle presque sans résidu et avec beaucoup de vivacité. Cette propriété conduisit l'auteur à une expérience susceptible de plusieurs applications, particulièrement dans l'artillerie [1].

En plongeant du papier dans de l'acide azotique à 1, 5 de densité, l'y laissant le temps nécessaire pour qu'il en soit pénétré, ce qui a lieu en général au bout de deux ou trois minutes, puis l'en retirant pour le laver à grande eau, on obtient une espèce de parchemin impénétrable à l'humidité et d'une extrême combustibilité. Le même effet a lieu sur les tissus de chanvre, de lin et de coton.

Le papier ou les tissus qui ont ainsi subi l'action de l'acide azotique doivent leurs propriétés nouvelles à la xyloïdine qui recouvre leurs fibrilles.

On voit que, dans le composé remarquable caractérisé par les recherches de M. Pelouze, l'amidon perd un équivalent d'eau qui est remplacé par un équivalent d'acide azotique, et joue le rôle de base; tandis que le même principe immédiat, en se combinant avec l'oxyde de plomb et perdant ainsi un équivalent d'eau, remplit le rôle d'un acide.

RÉACTION DE LA DIASTASE SUR L'AMIDON.

Parmi un si grand nombre de réactions susceptibles de bien caractériser l'amidon et de démontrer sa présence et ses propor-

[1] Il nous semble que dans la préparation des feux des mines et des pièces d'artifice, les papiers et cartonnages, rendus ainsi imperméables et très-combustibles, auraient une utilité réelle.

tions, aucune n'est aussi remarquable, aussi spéciale que celle de la diastase qui me reste à décrire.

Cette substance constitue un principe actif, créé pendant la germination, et qui n'avait pas d'analogue dans la science, lorsque M. Persoz et moi nous sommes parvenus à l'isoler.

Solide, blanche, amorphe, insoluble dans l'alcool pur, soluble dans l'eau et l'alcool faible, sa solution aqueuse est neutre et sans saveur marquée; elle n'est point précipitée par le sous-acétate de plomb; abandonnée à elle-même, elle s'altère plus ou moins vite, suivant la température atmosphérique, devient acide et perd son énergique action sur la fécule; assez sèche pour être pulvérulente, elle se conserve longtemps; toutefois, au bout de deux ans, elle peut avoir perdu sa propriété principale.

La diastase est bien caractérisée, soit par son inertie complète sur les teintures végétales sensibles aux acides et aux alcalis, sur l'albumine, le gluten, l'inuline, le sucre de canne, la gomme arabique, le ligneux [1].

Caractérisée surtout par sa puissante action sur la fécule hydratée, qu'elle peut dissoudre et isoler ainsi de la plupart des principes immédiats ci-dessus énumérés, ainsi que de tous les corps insolubles auxquels elle serait mêlée, elle peut aussi éliminer de cette manière les corps étrangers adhérents à l'amidon, que l'on croyait faire partie d'une enveloppe spéciale, mais qui, nettement chassés ainsi, ne bleuissent même plus par l'iode; elle agit sur l'amidon hydraté à chaud, d'abord en séparant ses groupes moléculaires, au point de détruire à l'instant tous les caractères de son agrégation spéciale.

[1] La diastase détermine la dissolution et la conversion en sucre d'une proportion de fécule soixante fois plus considérable que celle opérée dans le même temps par l'acide sulfurique, tandis que, d'une autre part, ce dernier corps transforme complétement en sucre analogue à celui du raisin les quatre substances précédentes, sur lesquelles la diastase est sans influence; enfin la présence des carbonates de soude, de potasse ou de chaux, en faibles proportions, mais donnant au liquide les caractères marqués de l'alcalinité (ce qui paralyserait l'action de l'acide) n'empêche pas la diastase de réagir.

Cette singulière propriété de séparation justifie bien le nom de diastase donné à la substance qui la possède, et qui explique précisément ce fait.

Dans le traitement de la fécule par la diastase, l'opération, convenablement suivie, donne la dextrine plus blanche et plus pure qu'elle n'avait encore été préparée; aussi y retrouve-t-on éminemment le grand pouvoir de rotation sur la lumière polarisée qui la caractérise, et qu'on n'obtient, à un degré égal, par aucun autre procédé; toutefois, la solution de la diastase, en présence de la dextrine, convertit cette dernière substance graduellement en sucre.

Il faut que la température soit maintenue durant le contact de 65 à 75°; car, si l'on chauffe jusqu'à l'ébullition la solution de diastase, elle perd la faculté d'agir sur la fécule et sur la dextrine.

La diastase existe dans les fruits de l'orge, de l'avoine et des blés germés, près des germes, mais non dans les radicelles; elle n'existe ni dans les pousses, ni dans les racines de la pomme de terre, mais seulement dans le tubercule, près et autour du point d'insertion des jeunes pousses, c'est-à-dire précisément à l'endroit où l'on conçoit que sa réaction puisse être utile pour dissoudre la fécule; elle y est généralement accompagnée d'une substance azotée qui, comme elle, est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, mais qui en diffère par la propriété qu'elle a de se coaguler dans l'eau à la température de 65 à 75°; de ne point agir sur la fécule ni sur la dextrine; d'être précipitée dans ses solutions par le sous-acétate de plomb, et éliminée en grande partie par l'alcool avant la précipitation de la diastase. Nous avons encore retrouvé la diastase dans l'écorce, sous les bourgeons de l'*aylanthus glandulosa*, où la présence de l'amidon a été reconnue.

Les céréales et les pommes de terre, avant la germination, ne manifestent point la présence de la diastase; on l'extrait de l'orge germée par les procédés suivants; et l'on en obtient d'autant plus que la germination a été plus régulière, et qu'en se développant,

la gemmule s'est plus approchée d'une longueur égale à celle de chacun des grains[1].

EXTRACTION DE LA DIASTASE.

Après avoir fait macérer l'orge germée en poudre dans l'eau à 25 ou 30^d pendant quelques instants, on soumet le mélange pâteux à une forte pression, et l'on filtre la solution trouble : le liquide clair est chauffé dans un bain-marie à 75 degrés; cette température coagule la plus grande partie de la matière azotée, qu'on doit séparer alors par une nouvelle filtration; le liquide filtré, peut servir à différents essais comme diastase brute : il renferme le principe actif, plus un peu de matière azotée, de substance colorante; et une petite quantité de sucre; pour séparer ces corps étrangers, on verse, jusqu'à cessation de précipité, de l'alcool anhydre dans la liqueur : la diastase, y étant insoluble, se dépose en flocons qu'on doit recueillir et dessécher à une basse température, afin de ne pas l'altérer; il faut surtout éviter de la chauffer humide jusqu'à 90 ou 100°.

On l'obtient plus pure encore en la dissolvant dans l'eau et la précipitant de nouveau par l'alcool, surtout si l'on répète ces solutions et précipitations deux fois. Le charbon d'os n'altérant pas les solutions de diastase, on peut l'appliquer à leur décoloration.

On prépare la diastase, exempte de matière azotée étrangère, sans coaguler celle-ci par l'élévation de la température, mais seulement par plusieurs précipitations à l'aide de l'alcool. Après chaque précipitation, il se dissout moins de cette substance, et la diastase devient de plus en plus blanche et pure. Voici le mode d'opérer :

On écrase dans un mortier l'orge fraîchement germée; on l'humecte avec environ son poids d'eau, on soumet ce mélange

[1] L'orge germée des brasseurs contient rarement plus de quatre à cinq millièmes de son poids de diastase pure.

à une forte pression; le liquide qui en découle est mêlé avec assez d'alcool, pour détruire sa viscosité et précipiter la plus grande partie de la matière azotée, que l'on sépare à l'aide d'une filtration; la solution filtrée, précipitée par l'alcool, donne la diastase impure. On la purifie par trois solutions dans l'eau et précipitations par l'alcool; recueillie sur un filtre, elle est enlevée humide, puis desséchée, en couches minces, sur des lames en verre, dans un courant d'air sec ou dans le vide, à 40 ou 45°.

L'opération peut être rendue plus économique en évaporant ces solutions au bain-marie dans le vide, au-dessous de 70°, avant de précipiter la diastase par l'alcool.

Lorsque l'extraction de ce principe immédiat nouveau a été faite avec soin, son énergie est telle qu'une partie en poids suffit pour liquéfier complétement deux mille parties de fécule.

DISSOLUTION ET TRANSFORMATION DE L'AMIDON PAR LA DIASTASE.

Les phénomènes que présentent la dissolution graduée et le changement en sucre de la fécule, suivant les proportions de la diastase et de l'eau, la durée du contact et l'élévation de la température, sont dignes d'attention; nous ferons connaître les plus importants d'entre eux.

Si l'on traite la fécule délayée à froid dans huit ou dix fois son poids d'eau, par 0,005 de diastase, en chauffant le mélange graduellement au bain-marie, la plus vive réaction s'opère entre les températures soutenues de 70 à 80°; elle est telle souvent, que, l'amidon se dissolvant au fur et à mesure qu'il s'hydrate, les grains gonflés disparaissent successivement, et ce mélange n'acquiert pas une consistance d'empois. On s'assure, en mêlant une goutte de solution d'iode, que la totalité de l'amidon est transformée, ce qui a lieu au bout de trois heures de réaction, si la diastase était bien pure.

Une légère proportion de substance amylacée reste quelquefois engagée dans le mélange, sans que sa présence soit décelée par

l'iode; mais, séparée du sucre par l'alcool, elle reste avec la dextrine et se sépare ensuite lorsqu'on dissout celle-ci dans l'alcool faible à 0,35 ou 0,4.

La fécule préalablement hydratée et gonflée par l'eau, ayant une cohésion moindre, est très-rapidement transformée par la diastase.

Lorsque, par exemple, une proportion suffisante de diastase est projetée dans de l'empois à la température de 70 à 75°, qu'une vive agitation multiplie les points de contact où la réaction s'opère, une liquéfaction subite a lieu.

Les figures de la case 2, planche V, font bien voir les effets de cette réaction : au moment où l'amidon est gonflé par vingt fois son poids d'eau à 80° figure A, une goutte de l'empois, mise sous le microscope, présente des grains que l'on peut colorer en bleu par l'iode, sous les formes des figures A', A'. Une minute après l'addition de la diastase, le mélange liquide n'offre plus de grains, et l'iode ne le colore plus qu'en violet de moins en moins foncé, comme l'indiquent les teintes B, B', B'', B'''.

Une autre expérience très-curieuse, que MM. Dutrochet et Dumas ont faite pour observer la réaction de la diastase, consiste à placer dans une petite cavité, entre deux lames de verre, quelques gouttes de solution étendue de diastase et plusieurs grains de fécule, puis à chauffer graduellement sous le microscope. En observant avec attention, on voit les grains se gonfler, puis s'épanouir aussitôt; ils disparaissent tous successivement ainsi dès que la réaction vive commence, entre 65 et 70 degrés centésimaux.

Après la réaction complète de la diastase, il ne reste plus d'insoluble que des traces de corps étrangers qui adhéraient à l'amidon. Ces matières varient suivant les différentes fécules et les soins apportés à leur épuration. Leur proportion excède rarement 0,008 à 0,004, du poids total. Les moyens d'épuration que nous avons donnés les réduisent à moins de 0,0005.

Nous croyons devoir reproduire ici la plupart des résultats

intéressants obtenus par M. Guérin, relativement aux circonstances diverses dans lesquelles il a fait réagir la diastase [1].

A une température de 70 à 75 degrés, 100 parties d'amidon avec 1000 parties d'eau, et 1,7 partie de diastase, ajoutée en deux fois, n'ont donné que 17,58 parties de sucre. Tout le reste de l'amidon pur était, sans aucun doute, alors transformé en dextrine, et il dut en être de même pour les essais suivants.

Il est résulté d'une deuxième expérience que 100 parties d'amidon, converties en empois avec environ 3900 parties d'eau, puis mêlées, à la température de 60 à 65°, avec 6,13 parties de diastase dissoute dans 40 parties d'eau, fournissent 91 parties de sucre.

M. Dubrunfaut est arrivé aussi à augmenter les proportions de sucre en augmentant la quantité d'eau pendant la réaction de l'orge germée.

La réaction de la diastase a lieu dans le vide à 20°; et après vingt-quatre heures, 12,25 de diastase produisent, avec 100 parties d'amidon converti en empois, 77,64 parties de sucre; à froid la diastase fluidifie encore l'empois; en effet, un résultat semblable eut lieu à 0° : 100 parties d'amidon fournirent 12,82 de sucre, que l'on détermina par les produits de la fermentation. C'est sans contredit, comme le dit l'auteur, un résultat surprenant que de voir la diastase, qui n'est ni acide, ni alcaline, liquéfier et saccharifier aussi rapidement l'empois à la température de la glace fondante.

Enfin, en prévenant la congélation à l'aide du sel marin, M. Guérin est parvenu à constater que la diastase fluidifie l'empois d'amidon entre — 12° et — 5°, et qu'il ne se produit pas alors la moindre quantité de sucre, mais bien exclusivement de la dextrine.

GLUCOSE ET DEXTRINE PRODUITES PAR LA RÉACTION DE LA DIASTASE SUR L'AMIDON.

Lorsque la réaction de la diastase sur l'amidon ne laisse plus

[1] L'auteur avait préparé cet agent d'après le premier procédé décrit par MM. Payen et Persoz.

aucune particule colorable en violet rougeâtre par l'iode; le produit contient de la dextrine et de la glucose.

Voici d'abord les caractères communs à ces deux substances et qui les distinguent de l'amidon:

Elles sont très-solubles dans l'eau et dans l'alcool faible.

Dissoutes dans l'eau, elles ne sont point précipitées par le tanin, le sous-acétate de plomb, la chaux ni la baryte; l'iode ne les colore pas en bleu.

Tous ces réactifs exercent, au contraire, par les phénomènes que nous avons décrits, leur influence remarquable sur les solutions d'amidon.

Ni le charbon d'os, ni l'alumine en gelée, aucun des composés binaires, des acides, des oxydes, des sels métalliques, soit neutres, soit à réaction acide ou alcaline, essayés isolément, ne précipitent la glucose ni la dextrine ainsi obtenues.

L'alcool à 95 centièmes ou anhydre ne dissout ni l'une ni l'autre.

Toutefois, les propriétés caractéristiques suivantes séparent nettement l'un de l'autre ces deux produits de la réaction de la diastase.

La glucose est dissoute par l'alcool à 84 centièmes, tandis que la dextrine est précipitée par cet agent et se rassemble hydratée au fond du vase.

Elle offre une saveur sucrée, tandis que la dextrine, légèrement mucilagineuse, est sans saveur marquée, soluble dans l'alcool à 0,30, moins soluble dans l'alcool, à 0,40, et insoluble dans l'alcool à 0,80.

Sous l'influence de l'eau et d'une température convenable, la glucose se transforme en alcool et en acide carbonique. Placée dans les mêmes circonstances, la dextrine ne donne pas d'alcool; elle communique à la bière une propriété mucilagineuse, retient l'acide carbonique, rend la mousse persistante, fait reconnaître cette boisson obtenue des grains ou de la fécule, et la distingue de celle qu'on a essayé de préparer avec d'autres ma-

tières sucrées contenant peu ou point de substances gommeuses. C'est encore à cette matière que l'on doit attribuer les effets de la bière dans la peinture, effets reproduits et variés dans les applications de la dextrine.

La dextrine, sous l'influence de quatre ou cinq volumes d'eau, aiguisée d'un centième d'acide sulfurique chauffé à 100°, se transforme en glucose, identique avec celle que produit la diastase.

Le sucre que donne la diastase est beaucoup plus difficile à dessécher et plus hygroscopique que la dextrine; la composition chimique de ce sucre, d'après les analyses de M. Guérin et de M. Péligot, est la même que celle du sucre de raisin; tous deux ne donnent que des cristaux mous.

100 d'amidon desséché dans le vide sec à froid, et retenant un équivalent d'eau, représentent 100 de sucre provenant de la réaction de l'acide ou de la diastase, et desséché le plus possible.

100 d'amidon desséché dans le vide à + 140°, représentés par 2 (C^{24} H^{18} O^{9} H^{2} O), donnent 111,13 du même sucre séché au maximum, que représente la formule

$$C^{48}\ H^{42}\ O^{21},\ 3H^{2}\ O$$

d'après M. Péligot, formule qui s'accorde d'ailleurs avec la composition en centièmes des analyses antérieures, par MM. Prout, de Saussure et Guérin.

Enfin les expériences de M. Biot ont prouvé que la dextrine obtenue par la diastase exerce une déviation à droite sur le plan de polarisation de la lumière, au même degré pour des masses égales, que l'amidon à l'état normal.

Les sucres obtenus de l'amidon par la diastase ou par l'acide sulfurique, et celui de diabète, désignés sous le nom de glucose par M. Dumas, sont doués tous trois d'un même pouvoir de rotation à droite, mais ils l'exercent avec une intensité considérablement moindre que la dextrine.

En comparant la composition de la substance amylacée ou de la dextrine avec les formules de la glucose et du sucre, on peut concevoir l'espérance de faire naître un corps intermédiaire du plus haut intérêt.

En effet, l'amidon ainsi que la dextrine, dans un de leurs états les plus stables, capables de s'engager tels dans d'autres combinaisons, se peuvent représenter par la formule

$$C^{24},\ H^{18}\ O^{9},\ H^{2}\ O = C^{24}\ H^{20}\ O^{10}.$$

La glucose produite par une hydratation de l'amidon sous plusieurs influences, desséchée à + 130°, est représentée par

$$C^{24},\ H^{24}\ O^{12},$$

tandis que le sucre de canne, soit cristallisé, soit uni à la chaux ou à la baryte, équivaut à

$$C^{24},\ H^{22},\ O^{11},$$

c'est-à-dire à la combinaison exactement intermédiaire entre le point de départ : l'amidon ou la dextrine, et le produit, ou la glucose au maximum de dessiccation.

Il semble donc que pour changer la fécule en sucre de canne, il suffirait d'arrêter à point l'hydratation ou de ménager les proportions des agents ou les circonstances, de manière à tomber directement sur cet important terme intermédiaire. C'est dans cette direction que je poursuis actuellement une de mes séries de recherches.

PROPRIÉTÉS DE L'AMIDON À DEMI DÉSAGRÉGÉ PAR LA DIASTASE.

Nous avons vu que la diastase peut mettre en dissolution deux mille fois son poids de fécule.

Si l'on arrête la réaction en portant à 100° la température aussitôt que la fluidité s'opère, puis que l'on fasse rapprocher le

liquide en consistance sirupeuse, on observera que la matière est devenue opaque après le refroidissement; delayée dans l'eau, une forte proportion refusera de s'y dissoudre; lavée jusqu'à l'épuisement de tout ce qui était soluble, elle est redissoute, pour la plus grande partie, dans l'eau chauffée à 65 degrés; entretenue en solution aqueuse entre 70 et 80°, elle laisse peu à peu déposer les corps étrangers et les parties peu désagrégées. La solution filtrée, rapidement évaporée, puis desséchée en couches minces, présente alors l'amidon à demi désagrégé, incolore et diaphane.

Il est insipide et neutre; exposé à l'air saturé d'humidité, il s'y gonfle, reste en plaques souples mais cassantes; plongé dans l'eau froide, il se gonfle d'avantage, absorbe plus d'eau mais reste un peu élastique, conserve encore ses formes et présente les mêmes cassures anguleuses.

Chauffé à 65° dans l'eau, il se dissout; le liquide évaporé devient de plus en plus sirupeux; redesséché il reprend ses caractères primitifs; mis en contact avec l'eau froide sans aucune agitation, il ne s'en dissout que très-peu, et l'iode accuse à peine sa présence dans le liquide.

Mais si on le broie à sec ou mouillé, puis qu'on l'étende d'eau, le liquide, même filtré, en contient une très-notable proportion, et se colore fortement en un violet se rapprochant d'autant moins du bleu qu'on a versé plus d'iode.

Tous les liquides froids, diaphanes, obtenus par les précédentes réactions de l'eau, et qui contiennent de l'amidon pur, sont troublés par l'alcool en quantité suffisante et d'autant moindre que l'amidon a été moins divisé, ou moins longtemps chauffé en contact avec l'eau.

Si l'on étend d'eau à l'instant même, le précipité d'amidon se redissout; si l'on attendait quelques heures la même addition ne pourrait plus éclaircir la liqueur, bien que le précipité fût d'une assez grande tenuité encore pour rester en suspension, et que, chauffé dans cet excès d'eau, il fût dissous et ne reparût plus

dans le liquide refroidi, à moins qu'on n'y ajoutât de nouveau un assez grand excès d'alcool. On démontre donc ainsi que la plus légère cohésion suffit pour rendre l'amidon insoluble et que cependant, très-sensiblement désagrégé, le principe immédiat conserve une propension forte à une réagrégation notable.

Lorsqu'on a employé seulement la proportion d'alcool nécessaire pour faire apparaître l'amidon en suspension, et que l'on soumet le liquide troublé à l'élévation graduée de la température, il s'éclaircit entre le 65 et 66e degré, puis il se trouble de nouveau en refroidissant. Ces phénomènes peuvent être reproduits un grand nombre de fois. Ils offrent encore une analogie frappante avec ceux que produit l'iodure d'amidon par la chaleur, et s'expliquent de la même manière.

Sous l'influence d'un grand excès d'alcool, la solution aqueuse froide de l'amidon laisse cette substance précipitée insoluble à chaud comme à froid.

Si l'on traite les diverses fécules par 100 fois leur poids d'eau chauffée avec elles jusqu'à 100°, et que l'on filtre, le liquide diaphane sera d'autant plus promptement précipité, avec de moindres proportions d'alcool et en flocons d'autant plus volumineux, qu'il proviendra de fécules plus grosses, douées d'une plus forte cohésion ; qu'enfin il aura été chauffé moins longtemps.

L'amidon précipité par l'alcool n'est pas altéré, car, recueilli, lavé, puis desséché à basse température, à l'air ou dans le vide, il jouit de toutes les propriétés qui le caractérisent si bien; les réactions suivantes résultent encore des dispositions organiques précitées: elles offrent de nouveaux exemples de contraction de la substance amylacée.

PHÉNOMÈNES OBSERVÉS PAR LE CONTACT DU TANIN.

Les liquides aqueux, diaphanes, froids, qui contiennent l'amidon offrent, à de légères modifications près, les phénomènes suivants.

La solution du tanin les trouble et produit ensuite un précipité qui se réunit en flocons allongés gris, opaques, puis en magma au fond du vase.

Les mêmes liquides, préalablement bleuis par l'iode, sont subitement décolorés par la solution astringente; un précipité grisâtre se dépose ensuite; la solution du tanin empêche complétement les réactions de la diastase sur l'amidon.

Si dans une solution aqueuse, filtrée, refroidie, d'amidon, obtenue d'une partie de fécule dissoute à chaud dans 100 d'eau, l'on verse peu à peu la solution du tanin pur de M. Pelouze, on observe d'abord un précipité laiteux que l'excès de la première solution peut redissoudre...

Puis un précipité plus abondant, qui rend le liquide blanc opaque, ne se dépose pas, même au bout de six heures, ne se dissout pas, même dans beaucoup d'eau qu'il rend opaque ou opaline pendant plusieurs jours.

Plus abondant encore par une nouvelle addition du tanin, le précipité rend le liquide plus opaque (au bout d'un ou de plusieurs jours, une partie du précipité se dépose en magma adhésif, la chaleur le fait redissoudre et le refroidissement le fait reparaître en suspension).

Si l'on fractionne les solutions d'amidon troublées par le tanin et qu'on observe une partie de chacune d'elles sous l'influence de la chaleur, on verra qu'elles deviennent toutes limpides, par des élévations de température qui varient avec la proportion du composé et reprennent leur opacité par le refroidissement.

Ainsi le liquide contenant déjà assez de précipité pour être opaque à 20° dans un tube de six millimètres, devient diaphane chauffé à 36°; refroidi à 30° il commence à se troubler et à reprendre graduellement son opacité première.

Ces derniers phénomènes, reproduits plusieurs fois avec le même liquide, sont encore analogues à ceux que présente le composé bleu sous l'influence des variations de température.

PROPRIÉTÉS CARACTÉRISTIQUES COMMUNES AUX FÉCULES AMYLACÉES EXTRAITES DE DIVERSES PLANTES À DIFFÉRENTES ÉPOQUES DE LA VÉGÉTATION.

En employant l'iode, les acides, les sels, la congélation et les autres agents qui produisent avec l'amidon de pomme de terre les phénomènes décrits ci-dessus et plus loin, on obtient les mêmes résultats avec plusieurs autres amidons, sauf de légères modifications dues aux variétés de cohésion entre les particules amylacées; ainsi la fécule des panais, si fine et si facilement attaquable à l'eau, traitée de la même manière, laisse apparaître des flocons d'une belle nuance bleue, mais d'une finesse très-grande, qui semble être en rapport avec la ténuité de la fécule employée, et la plus faible agrégation de ses parties.

Les mêmes causes expliquent la plus grande promptitude de son hydratation et des diverses actions chimiques, exercées sur elle.

On obtient des résultats analogues avec l'amidon, plus fin encore, de l'endosperme des graines du *nyctago hortensis* (*mirabilis jalapa*, belle-de-nuit).

Les fécules suivantes ont encore les mêmes propriétés caractéristiques, bien qu'elles offrent dans la conformation de leurs grains plusieurs particularités.

On trouve dans la racine tuberculeuse de l'igname (*dioscorea alata*) une fécule ayant des figures assez variées; un grand nombre de ses grains sont plus ou moins irrégulièrement arrondis; d'autres ont une forme ellipsoïde ou celle d'un cylindre terminé par deux portions de sphéroïde.

Parmi ces derniers, le corps cylindrique est dans quelques-uns plus ou moins infléchi; enfin dans plusieurs on remarque un contour triangulaire dont les côtés sont curvilignes et les angles arrondis.

Les grains de l'amidon des tubercules de *l'oxalis crenata*, venus à maturité, ont aussi la plupart une conformation remar-

quable décrite figure 4, planche IV; tous laissent distinctement voir, à partir du hile, les lignes excentriques qui indiquent l'accroissement progressif de la sécrétion amylacée.

OBSERVATIONS SUR LES CARACTÈRES DE L'AMIDON À L'ÉTAT NAISSANT, ET PARTICULARITÉS RELATIVES À CE PRINCIPE IMMÉDIAT DANS QUELQUES LÉGUMINEUSES.

Afin de rechercher si les mêmes propriétés existaient dans l'amidon à l'état naissant ou très-jeune, j'examinai cette sécrétion au moment où elle se montre dans les cotylédons encore baignés par le liquide sucré de l'ovule du *pisum sativum*.

Ses grains, très-petits alors, offrirent aussi les caractères physiques et chimiques qui précèdent et ceux que nous exposerons plus loin; une particularité remarquable dans leurs formes a été décrite et figurée planche VII, figure 4 *bis*.

Dans les cotylédons de la fève commune on trouve des grains d'amidon plus sinueux encore.

L'amidon extrait des haricots et des lentilles présente des grains qui se dessinent par des contours moins sinueux que les précédents.

Enfin, l'amidon, en très-petite quantité dans les graines de *colutea arborescens* (baguenaudier), est en grains excessivement petits, qui sont arrondis quoique plus ou moins irréguliers.

La configuration sinueuse, contournée ou vermiforme, observée dans plusieurs graines des légumineuses, ne se retrouve donc pas dans toutes au même degré; elle offre un exemple de plus des variétés de formes que peut affecter l'amidon dans les circonstances légèrement variables où se produit cette sécrétion, sans que les caractères physiques essentiels ni la composition chimique soient différents.

AMIDON COMPLÉTEMENT ÉPURÉ, DISSOLUTION, SANS RESTE APPRÉCIABLE PAR LA DIASTASE ET L'EAU AIGUISÉE, D'ACIDE SULFURIQUE.

Voici un résultat dont je dois les premiers indices à M. Beudant: lorsque ce savant s'occupait d'appliquer avec tant de succès, en

grand, la réaction de la diastase, la très-faible proportion du résidu de cette réaction lui fit penser qu'il pouvait être dû à des corps étrangers, et non à un tégument d'une autre nature que l'amidon. Je suis parvenu à démontrer cette hypothèse en débarrassant l'amidon de pommes de terre des corps étrangers à l'aide du procédé décrit pages 122 à 124. L'amidon est alors d'une blancheur éclatante, soluble sans reste appréciable dans l'eau, par la diastase comme par l'eau aiguisée d'acide sulfurique. Il a servi en cet état aux expériences optiques de M. Biot, et m'a permis d'observer, sous l'influence d'une hydratation plus rapide, une transformation plus complète de l'amidon par la diastase, et d'obtenir ainsi un sirop plus sucré, immédiatement limpide.

ANALYSE COMPARÉE DE L'AMIDON ET DE SES PARTIES LE PLUS FORTEMENT AGRÉGÉES.

Afin de reconnaître s'il existait des différences dans la composition élémentaire de l'amidon doué de plus ou moins de cohésion, j'ai cru devoir comparer la composition des parties agrégées le plus fortement, le moins altérables par conséquent, pendant leur séparation, avec celle de l'amidon intact.

A cet effet l'amidon, épuré par les procédés ci-dessus décrits, fut chauffé à la température de 90 degrés dans 100 fois son poids d'eau; tous ses grains étant ainsi dilatés ou rompus, on laissa refroidir à 0°; puis on élimina les portions les plus désagrégées ou dissoutes, au moyen de lavages successifs par 100 fois le volume de toute la masse d'eau à 0°, puis enfin, par une pression très-lentement graduée de la substance mise entre vingt doubles de papier à filtre lavé.

L'amidon le plus résistant, ayant été obtenu ainsi très-pur, fut ensuite desséché dans le vide sec à froid; on le réduisit en poudre, puis la dessiccation fut alors achevée dans le vide sec et au bain d'huile chauffé à 100°. 0^{gr}, 445, brûlés avec tous les soins utiles, ont donné en eau 260 millig. et en acide carbonique 707 millig. d'où l'on a déduit la composition suivante :

Carbone 44,0
Hydrogène . . . . . 6,4 } = 100,0
Oxygène 49,6

Et la formule : C^{12}, H^{10}, O^5.

C'est la même que celle de l'amidon pur. Or, les parties qui ont le plus de cohésion ayant la même composition élémentaire que l'amidon tout entier, les portions de celui-ci qui ont une cohésion moindre ne sauraient avoir une composition différente; toute la substance constitue donc un seul principe immédiat organique.

EXTRACTION DE LA DEXTRINE PURE.

Les moyens dont je me suis servi pour éliminer complétement le sucre de la dextrine, dans le produit non colorable par l'iode de la réaction de la diastase sur l'amidon, exigent du temps et de la patience; car, après la dissolution par l'alcool faible et la précipitation par l'alcool, on n'obtient qu'une solution alcoolique contenant plus de sucre que de dextrine, et un précipité renfermant plus de dextrine que de sucre.

En redissolvant dans l'eau et précipitant encore sans employer un excès d'alcool, le même phénomène se passe, et la dextrine précipitée est seulement moins impure.

Ce n'est qu'en réitérant jusqu'à 10 fois cette manipulation, et sacrifiant une grande partie de la dextrine, qu'on obtient l'autre portion de celle-ci entièrement exempte de sucre.

En cet état, elle se dessèche facilement en couches minces, dans un courant d'air sec et sans conserver d'adhérence avec les corps polis, la porcelaine ou le verre, par exemple, tandis que mélangée avec le sucre elle adhère au point qu'après sa dessiccation, on ne peut l'enlever sans arracher une partie de la substance même des vases; la dextrine diaphane incolore offre d'ailleurs l'ensemble des caractères précédemment décrits.

POUVOIR DE ROTATION DE LA DEXTRINE.

M. Biot voulut bien me demander un échantillon de la dextrine ainsi obtenue, afin d'observer son pouvoir de rotation à droite sur la lumière polarisée, et il le trouva égal à celui de l'amidon récemment mis en dissolution par l'eau bouillante ou par d'autres agents.

La composition chimique s'accorde bien, comme on va le voir, avec cette observation directe d'un pouvoir moléculaire constant.

ANALYSE DE LA DEXTRINE.

L'analyse de la dextrine desséchée à 100° dans le vide sec a donné les résultats suivants pour cent parties :

	EXPÉRIENCE.	FORMULE.	
C.....	44,0	$C^{12} = 0,44,444$	
H.....	6,59	$H^{10} = 0,06,172$	$= 1,00$
O.....	49,41	$O^{5} = 0,49,384$	

Elle représente donc la composition de la dextrine qui se se trouve ainsi être égale à celle de l'amidon pur.

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE L'AMIDON DE DIVERSES PLANTES ET DES PRODUITS DE SA DISSOLUTION; POIDS ATOMIQUE DE L'AMIDON ET DE LA DEXTRINE, ET DÉFINITION DE LA NATURE CHIMIQUE DE CES DEUX CORPS.

Les faits précédemment exposés démontrent qu'au milieu de ces nombreuses modifications l'amidon conserve toutes ses propriétés chimiques; qu'on y peut reconnaître ses caractères physiques spéciaux, en tenant compte des différences plus ou moins prononcées d'agrégation entre ses particules intégrantes; qu'une simple action mécanique peut produire plusieurs degrés de cette désagrégation;

Que, mieux encore, l'eau avec l'aide de la chaleur et de l'action mécanique, permet de pousser plus loin la désagrégation sans atteindre à ses limites;

Qu'enfin plusieurs agents chimiques : la diastase, les acides sulfurique, chlorhydrique, tartrique, etc. opèrent rapidement la dissolution entière de l'amidon, ne lui laissant aucun des caractères dus à cette agrégation particulière, parfois imperceptible directement, mais pourtant d'une tenacité remarquable : c'est donc une dernière transformation par suite de laquelle l'extensibilité, la contractilité sont détruites, de même que la faculté de se teindre, par la combinaison de l'iode, en bleu ou dans les diverses nuances de violet, et jusqu'au rouge, suivant les degrés de sa division; mais toutes ses propriétés incontestablement chimiques lui restent.

Ainsi donc, l'amidon intact et ses parties les plus contractiles ou les plus contractées ont la même composition chimique que le produit de sa plus complète dissolution; mais en était-il de même des états intermédiaires? cela paraissait rationnel; cependant plusieurs caractères remarquables pouvaient porter à penser, soit que deux ou plusieurs substances différentes préexistassent dans l'amidon, soit qu'elles fussent produites par le concours de l'hydratation, des broyages et de la chaleur; qu'ainsi elles présenteraient, malgré leurs propriétés communes, des différences dans leur composition chimique; il restait encore à vérifier si les fécules, offrant des formes et des cohésions variées, extraites des fruits, des graines, des tubercules et des racines de plantes différentes, contenaient bien le même principe immédiat, comme l'indiquaient leurs propriétés et de nombreuses réactions chimiques; enfin, si le produit de la dissolution de ce principe, à l'aide de l'acide sulfurique ou des alcalis, avait réellement la même composition que la dextrine produite par la diastase.

Toutes ces questions ne pouvaient être définitivement résolues que par les analyses immédiates et élémentaires de diverses fécules.

ANALYSES COMPARÉES DES PARTIES PLUS RÉSISTANTES ET DE CELLES QUI SONT PLUS DISSOLUBLES DANS LES GRAINS D'AMIDON.

J'ai extrait avec soin, à l'aide de broyages et lavages réitérés à froid et à 100°, 1° les parties le moins agrégées dans la fécule; 2° des portions qui, douées de plus de cohésion naturelle, en acquièrent davantage en se resserrant par l'évaporation.

Les substances furent d'ailleurs réduites en poudre fine et amenées chacune à la limite ultime de siccité, sans altération avant d'être analysées [1].

Voici les résultats obtenus en opérant ainsi :

1°) Analyse de la portion le plus fortement agrégée [2].

A. Desséchée entre 75 et 80° centésimaux à l'air.

B. Nouvelle quantité obtenue par les mêmes moyens, desséchée dans le vide sec à la température soutenue de 100°.

	A	B
Carbone	40,073	44,493
Hydrogène	6,442	6,127
Oxygène	53,585	49,380
	100	100

2° Analyse de la partie le plus aisément désagrégeable [3].

A. Desséchée de 100 à 105° dans le vide sec.

B. Partie semblable tirée de la fécule de *maranta arundinacea*, desséchée à 100° dans le vide.

[1] Tous les détails de ces analyses se trouvant consignés dans les Annales de chimie, t. CCXXV, je n'ai pas cru devoir les reproduire ici.

[2] Elle avait été extraite par les procédés décrits pour la préparation des deux parties, qu'on supposait être des principes de nature spéciale dans l'amidon.

[3] Elle fut extraite suivant les procédés indiqués de la troisième partie, que l'on supposait constituer dans l'amidon un principe immédiat.

	A	B
Carbone	44,270	44,3
Hydrogène	6,27	6,2
Oxygène	49,46	49,5

3e Analyse de l'amidon intact, épuré par l'alcool et l'eau.

A. Fécule de pommes de terre desséchée directement dans le vide sec, à la température de 100°.

B. Fécule de panais séchée dans le vide sec à 100°.

C. Amidon des fèves, remarquable par ses gibbosités et sa configuration sinueuse, desséché à 100° dans le vide.

D. Fécule de *maranta arundinacea*, desséchée à 200° dans le vide sec.

	A	B	C	D
Carbone	43,81	44,45	44,4	44,33
Hydrogène	6,10	6,39	6	6,25
Oxygène	50,09	49,16	49,6	49,42

4e Analyses comparées de l'amidon dissous par divers agents. (Dextrine.)

Cette série de recherches était utile pour reconnaître si le produit de la dissolution intégrale de l'amidon, par des agents chimiques très-différents, avait une composition chimique identique avec celle de l'amidon intact et ses parties plus ou moins agrégées.

A. J'examinai d'abord une substance obtenue en grand, à l'aide d'une température soutenue entre 200 et 210°, qui rend la fécule en grande partie soluble.

A l'aide de lavages à chaud et à froid par l'alcool à 36°, puis à 30°, on lui enleva la plus grande partie de la matière colorante;

son épuration fut achevée par solution dans l'eau à 90°, filtration et rapprochement, précipitation par l'alcool et dessiccation. Dissoute alors dans l'eau chaude, filtrée, puis évaporée à sec, on l'obtint diaphane et cassante; réduite en poudre fine et séchée dans l'air à 80° de température, son analyse a offert les résultats qui suivent, indiqués colonne A du tableau ci-après.

Une portion de la même substance, desséchée à 100° dans le vide, a perdu 0,025; ce qui donnerait pour sa composition dans cet état de siccité les nombres de la colonne B.

Un produit commercial analogue, la *dextrine* de MM. Heuzé, conserve aussi les formes des grains de fécules; il est plus soluble et presque incolore; purifié de même, il a donné la dextrine blanche et diaphane comme du cristal. Son analyse présente les nombres de la colonne C.

La dessiccation avait eu lieu à + 100° dans le vide sec.

On rendit l'amidon soluble à froid par un procédé analogue à celui que M. Biot emploie pour obtenir la dextrine: en le triturant avec son poids d'acide sulfurique concentré, délayant et broyant le magma avec moitié de son volume d'eau, laissant en contact pendant une heure, précipitant par l'alcool et délayant dans l'eau (dix fois alternativement, afin d'éliminer les dernières traces de sucre), faisant dissoudre, filtrer, puis rapprocher à siccité; on broie alors; on dessèche dans le vide sec, à la température de 100°; analysé en cet état, cet amidon soluble a donné les résultats de la colonne D.

On obtint encore la dissolubilité de l'amidon, quoique à un bien moindre degré, en le traitant par 0,5 de son poids de soude ou de potasse pures, dissoutes dans 20 fois leur poids d'eau, tenant pendant dix à douze heures le mélange à la température de 50 à 60°, et l'agitant de temps à autre, séparant ensuite les corps étrangers par l'acide acétique, puis, comme ci-dessus, par l'alcool et l'eau alternativement; enfin à l'aide d'une filtration et de l'évaporation à siccité; la substance desséchée alors à 80° donna les nombres contenus dans la colonne E.

La même substance, desséchée à 100° dans le vide sec, perdit 0,0095, ce qui ramène sa composition aux nombres F.

	A	B	C	D	E	F
Carbone.....	43,16	44,2	44,27	43,57	43	44,4
Hydrogène.....	6,21	6	6,27	6,11	6,17	6,1
Oxygène.....	51,63	49,8	49,46	50,32	50,83	49,5

Ainsi donc toutes les substances analysées furent représentées, après leur dessiccation complète, par la formule:

$$C^{12} H^{10} O^{5} \text{ ou } C^{24} H^{20} O^{10}.$$

Il restait encore à comparer le poids atomique de la dextrine avec celui qu'on admet pour l'amidon, et à vérifier celui-ci afin de résoudre complétement la question si longtemps débattue, et de contrôler tous les résultats précédents. Ces nouvelles recherches offraient des difficultés d'un autre genre, que je suis enfin parvenu à surmonter.

ÉQUIVALENT DE LA DEXTRINE DÉDUIT DE SES COMBINAISONS AVEC LE PROTOXYDE DE PLOMB ET AVEC LA BARYTE.

La dextrine obtenue pure et soluble offre le dernier degré de désagrégation de la fécule amylacée; aussi ne peut-on précipiter ses solutions par aucun des nombreux agents, l'alcool excepté, qui contractent l'amidon gonflé ou dissous dans l'eau, et décèlent en lui des propriétés dépendantes de l'organisme ou du groupement particulier de ses molécules intégrantes.

Supposant que, si la dextrine n'avait pu être précipitée par l'un des oxydes métalliques qui se combinent avec le plus grand nombre des substances organiques, cela pouvait tenir, soit à ce que la combinaison était soluble, soit à ce qu'elle n'avait pas été possible en présence d'un acide, même faible, j'essayai

d'abord de faire intervenir des dissolvants peu énergiques, saturés de dextrine, puis une base inerte sur la substance organique, mais capable de rompre l'équilibre, en sollicitant l'acide faible, uni à l'oxyde métallique, puis enfin les deux moyens réunis.

Voici les résultats des recherches entreprises d'après ces vues :

La dextrine dissoute jusqu'à saturation dans l'alcool à 0,56°, la température étant + 24°, se déposait hydratée, sirupeuse, et en proportions d'autant plus fortes que la température s'abaissait d'avantage; on la redissolvait en chauffant de nouveau à 24° et en agitant.

Ces solutions, en proportions diverses, étaient abondamment précipitées par l'alcool anhydre ou à 0,95. Aucune d'elles ne fut troublée par les solutions aqueuses d'acétate neutre ou tribasique de plomb, ni même par une solution saturée d'acétate neutre, dans l'alcool à 0,56.

Les mêmes faits furent observés en mêlant ensemble des solutions saturées de dextrine et d'acétate de plomb dans l'alcool à 0,4.

Ce premier ordre de moyens ne procurant pas encore la précipitation de la dextrine combinée, on tenta le deuxième procédé.

A cet effet, un excès d'ammoniaque fut ajouté dans une solution aqueuse étendue d'acétate neutre de plomb; le liquide filtré commença, au bout de quelques heures, à déposer des cristaux blancs, très-fins, aiguillés, brillants.

Avant comme après la cristallisation, les solutions aqueuses d'acétate de plomb, contenant encore un excès d'ammoniaque, donnèrent, avec les solutions de dextrine, un précipité blanc, opaque, très-volumineux, soluble par une addition d'acide acétique[1].

[1] La présence de l'excès d'ammoniaque est la cause déterminante de la réaction, sans doute parce que cette base s'unit à l'acide acétique, tandis que l'oxyde de plomb se porte sur la dextrine; en effet, les cristaux aiguillés, bien lavés et séchés dans le vide, ne retiennent plus d'ammoniaque, et leur dissolution ne précipite plus la dextrine. La précipitation a lieu si on ajoute alors de l'ammoniaque au mélange.

Voici les résultats obtenus en employant, pour précipiter la dextrine, l'acétate ammoniacal [1], qui pourra s'appliquer à la détermination du poids atomique de quelques autres matières organiques difficiles à combiner.

5 décigrammes de dextrinate de plomb (obtenu en versant la dextrine dans un excès du réactif, bien lavé, égoutté, séché à 50° dans le vide sec), brûlés, ont laissé un résidu de protoxyde de plomb pesant 2,89, quantité qui était, par conséquent, unie avec 2,11 de dextrine. D'où l'on tire :

$$2{,}19 : 2{,}11 :: 1394{,}5 : 1018{,}1.$$

Or, la composition élémentaire de la dextrine, telle que je l'ai indiquée, donnerait

$$\left.\begin{array}{lr} C^{12} & 450 \\ H^{10} & 62{,}5 \\ O^{5} & 500 \end{array}\right\} = 1012{,}5$$

Donc le poids de dextrine, équivalant à l'oxyde de plomb, peut être égal à 1012,5.

Afin de vérifier s'il n'existait pas un autre composé, je changeai ainsi les circonstances de la réaction : l'acétate ammoniacal en solution aqueuse froide fut versé peu à peu et en agitant beaucoup dans une solution chaude de dextrine; on voyait à chaque addition un précipité se former et disparaître par le mouvement.

On continua ainsi jusqu'à ce qu'il se produisît un précipité permanent, égal à peu près, en volume, à la moitié de ce que pouvait donner une partie de la même solution par un excès du réactif.

[1] Je désigne ainsi, par abréviation, la solution d'acétate de plomb tribasique, contenant de l'acétate d'ammoniaque, plus un excès d'ammoniaque. (Voir *Annales de chimie*, t. XXXVII, p. 66, mon Mémoire sur les acétates et l'hydrate de protoxyde de plomb.)

Le précipité, recueilli et lavé à l'abri de l'acide carbonique, fut dissous à chaud, et la solution évaporée dans une cornue jusqu'à ce que la température de l'ébullition fût égale à 115°; refroidie alors, un excès d'ammoniaque reproduisit le précipité qui fut recueilli, lavé, égoutté, séché [1].

La combinaison ainsi épurée fut desséchée à 100°, jusqu'à cessation de perte; mise alors en poudre impalpable, elle laissa dégager une nouvelle quantité d'eau à la même température; complétement brûlée, elle donna les résultats suivants : sur 3 décigrammes, qui se sont réduits dans trois expériences à

1re, 1,18; — 2e, 1,2; — 3e, 1,225; moyenne, 1202,

d'où l'on tire

120,2 : 179,8 :: 1294,5 : 2086.

En admettant que ce fût la combinaison définie, le poids atomique de la dextrine devait être représenté par C^{24} H^{20} O^{10}, résultat que notre premier essai rendait probable, car il était relatif à la combinaison riche en oxyde métallique qui devait être bibasique.

Un autre réactif, la solution de baryte dans l'esprit-de-bois, découvert par MM. Dumas et Péligot, pouvant contrôler ces premiers résultats, j'étudiai quelques-unes de ses propriétés relatives à la dextrine.

L'esprit-de-bois, marquant 97° à l'alcoomètre Gay-Lussac, étendu de son volume d'eau, peut être mêlé en toutes proportions avec la solution saturée de dextrine, dans l'alcool à 0,56°, sans qu'il y ait précipitation; mais ce mélange est précipité en flocons volumineux par l'acétate de plomb ammoniacal. Il en est de même de la solution de dextrine dans l'esprit-de-bois à

[1] La combinaison de dextrine qui surnageait le précipité, séparée par l'alcool et calcinée à l'air, laissa incinérer la matière organique en revivifiant, à très-peu près, la totalité du plomb en sphéroïdes; celui-ci, complétement brûlé par trois additions d'acide azotique, représenterait un équivalent pour six de dextrine.

0,5. Un excès de cette solution fait redissoudre le précipité, surtout à chaud; par le refroidissement, il se dépose une partie de la dextrine en flocons hydratés.

J'essayai donc de trouver encore le poids atomique de la dextrine dissoute dans l'alcool à 0°,56 ou dans l'esprit-de-bois à 0,5 en la combinant avec la baryte dissoute dans l'esprit-de-bois étendu de son volume d'eau, lavant avec le même dissolvant à l'abri du contact de l'air ou, du moins, de l'acide carbonique, desséchant dans le vide, etc. [1].

Le composé de baryte et de dextrine, préparé sec à l'aide de toutes les précautions minutieuses [2] indiquées, au point où son incinération entre plusieurs temps d'une température soutenue donnait des produits sensiblement égaux, a présenté les nombres ci-après dans trois expériences :

3 décigrames ont laissé en résidu:

1re, 0,96; — 2e, 0,95; — 3e, 0,95,5; — moyenne, 0,95,5
ou 95,5 de baryte pour 204,5 de dextrine;

d'où l'on tire

$$95{,}5 : 204{,}5 :: 956{,}09 : 2040.$$

Et enfin cette conclusion que la composition atomique de la dextrine peut être représentée par la formule $C^{24}\ H^{20}\ O^{10}$.

Afin de contrôler définitivement tous les résultats qui précèdent, je me décidai à déterminer par l'oxyde de plomb la composition du composé de dextrine et d'oxyde de plomb, afin

[1] Voyez les détails de cette difficile opération, *Annales de chimie*, t. LXV, p. 225.

[2] Il retient l'eau avec une telle tenacité que, devenu solide et pulvérulent sous l'influence d'un courant d'air sec, sans acide carbonique, à une température de 100° soutenue durant dix heures, sa perte, par l'incinération, après un boursouflement considérable, a été de 231 milligrammes sur 361 : il ne restait que 69 de baryte. Or, 69 : 231 :: 956,9 : 3203; déduisant de ce nombre l'équivalent de la dextrine y engagée, ou 2042, il reste 1161 ou sensiblement dix atomes d'eau. Séché de même à + 140°, il conserve sept équivalents d'eau et se boursoufle encore avant de brûler.

d'en comparer les nombres avec ceux que donnerait la composition définie du même ordre avec l'amidon.

L'analyse élémentaire du dextrinate bibasique de plomb a donné les résultats suivants :

Carbone	1,58	3,57	8,42
Hydrogène	0,22		
Oxygène	1,77		
Protoxyde de plomb	4,85		

Et la relation entre l'oxyde et la dextrine : 485 : 3,57 :: 2789 : 2052 ou la formule

$$2\ Pb\ O,\ C^{24}\ H^{20}\ O^{10},$$

que l'on déduit, soit de la somme des éléments de la substance organique, soit encore de leur poids proportionnel entre eux.

Le dextrinate neutre donnait lieu aux mêmes conclusions et sa formule paraissait être

$$Pb\ O,\ C^{24},\ H^{20},\ O^{10}.$$

La dextrine ainsi combinée offrait donc un cas d'isomérie avec le sucre de canne.

Toutefois, comme ce dernier contient à l'état libre un atome d'eau qu'on peut lui enlever en le combinant, M. Dumas pensa qu'il en devait être de même de la dextrine, et, après avoir vérifié ce doute par des analyses sur les deux dextrinates desséchés à + 180° dans le vide, il m'engagea à m'en assurer de mon côté ; en conséquence, je soumis le dextrinate bibasique en poudre impalpable, et qui m'avait fourni la dose précédemment analysée, à une nouvelle dessiccation dans le vide sec, deux fois à une température de 175 à 180°.

Ce composé, de blanc qu'il était, avait pris, par cette élévation de température, une teinte jaune fauve, mais il était resté soluble dans l'acide acétique faible, sans dégagement de gaz et sans coloration. Il n'avait donc pas subi d'altération sensible.

353,6 milligrammes furent réduits dans cette opération à

344,7, d'ou l'on voit que les 842 milligrammes analysés se seraient réduits à 820, équivalant à

$$\left.\begin{array}{l} C.\ldots\ldots\ldots\ 158{,}0 \\ H.\ldots\ldots\ldots\ 19{,}7 \\ O.\ldots\ldots\ldots\ 157{,}3 \end{array}\right\} = 335{,}0 \qquad \left.\begin{array}{l} \\ \\ \\ PbO.\ldots\ldots\ldots\ldots\ 485{,}0 \end{array}\right\} = 820{,}0$$

Ces nombres correspondent à la formule

$$C^{24}\,H^{18}\,O^{9}\,2\,Pb\,O,$$

dans laquelle le carbone est à l'hydrogène :: 917,28 : 112,32, ou encore :: 158 : 19,45 et le dextrinate est à la matière organique :: 4718 : 1929 ou encore :: 820 : 335,2. En comparant tous les nombres de la formule avec ceux de l'analyse, on trouve :

		Calcul.	Expérience.
C^{24}.....	900	19,25	19,2
H^{18}.....	112,5	2,38	2,4
O^{9}.....	900,0	19,37	19,3
2PbO.....	2789,0	59,0	59,1
	4701,5	100,00	100,00

Le dextrinate neutre de plomb, par sa dessiccation à + 175° centésimaux, perdit, relativement à la substance organique, une égale proportion d'eau.

Ainsi donc la dextrine, aussi sèche qu'on puisse l'obtenir, est représentée par $C^{24}\,H^{20}\,O^{10}$; mais elle contient alors 1 équivalent d'eau en combinaison; on peut le lui enlever après qu'on l'a combinée avec l'oxyde de plomb, et alors son poids atomique devient

$$C^{24}\,H^{18}\,O^{9} = 1912{,}5.$$

Il restait encore à rechercher si le poids atomique de l'amidon pur était le même que celui de la dextrine.

Je préparai donc un amylate bibasique de plomb en traitant 2 grammes d'amidon pur par 250 grammes d'eau; portant à

l'ébullition, qui fut soutenue 20 minutes sans évaporation, tout le liquide, mis sur deux filtres, donna une solution limpide, qui fut versée dans un excès de la solution d'acétate de plomb ammoniacal; le précipité, recueilli sur un filtre, lavé, séché, égoutté dans le vide sec jusqu'à la température de 180° centésimaux, prit alors une nuance fauve semblable à celle du dextrinate soumis à la même température.

L'analyse élémentaire de cet amylate a donné les résultats suivants :

$$M = 8{,}245,\ C^2O^2 = 6{,}35,\ H^2O = 1{,}97,$$

d'où

112,5	:	12,5	:: 1,97 :	H.....	=	2,188
1,97	—	0,2188	=	O.....	=	17,512
276,5	:	76,5	:: 6,37 :	C.....	=	17,624
				PbO....	=	45,126
						82,450

Dans ces nombres, la proportion de l'oxyde est trop faible pour correspondre exactement au composé bibasique ; mais la formation d'une petite quantité d'amylate neutre suffisait pour expliquer ce résultat.

Je crus cependant devoir assayer de me rapprocher plus expérimentalement des formules rationnelles, et, à cet effet, je préparai une dose d'amylate, en prenant plus de précautions pour éviter la formation de l'amylate neutre ; voici les résultats de son analyse :

$$M = 854{,}2,\ C^2O^2 = 64,\ H^2O = 195,$$

d'où l'on tire

276,5	: 76,5	:: 64	: C.....	177,10	=	372,10
112,5	: 12,5	:: 195	: H.....	21,66		
195	— 21,66	=	O.....	173,34		
			PbO.....			482,09
						854,19

On voit que la base diffère encore ici de la proportion théorique; quant à la formule de la substance organique, elle cadre aussi exactement que possible avec ces nombres.

M. Berzélius était arrivé à la même conclusion en employant le sous-nitrate de plomb pour précipiter une solution d'amidon bouillante, mêlée d'ammoniaque; seulement n'ayant poussé la dessiccation qu'à 100°, l'amylate était resté blanc et avait conservé un équivalent d'eau [1]. Enfin ce célèbre chimiste avait autrefois annoncé [2] qu'il n'était pas possible, par cette méthode, de saisir exactement le moment où il ne se forme pas d'amylate neutre de plomb ni de sous-nitrate insoluble.

J'espérais toutefois y parvenir à l'aide d'un nouveau réactif, qui me permettait l'emploi d'un excès d'ammoniaque dans les deux liquides: cette opération eut un entier succès.

PRÉPARATION DE L'AMYLATE BIBASIQUE DE PLOMB.

On chauffe à 100°, en agitant 10 grammes de fécule pure dans 1,200 grammes d'eau; le liquide filtré est porté à l'ébullition et l'on y ajoute 20 centimètres cubes d'ammoniaque préalablement étendue dans 40 centimètres cubes d'eau. On verse alors en agitant le tout dans l'acétate de plomb ammoniacal en excès dissous et limpide.

On prépare cette solution en ajoutant 5 grammes d'ammoniaque à la solution bouillie de 30 grammes d'acétate de plomb neutre dans 200 grammes d'eau, ce qui donne lieu dans le liquide à la réaction suivante :

3 at. acétate neutre cristallisé..	7125,0	1 at. acétate tribasique...	4939
3 at. ammoniaque absolue.....	643,5	2 at. acétate ammoniaq...	1715
		1 at. ammoniaque.....	214,5
		8 at. eau.....	900
	7768,5		7768,5

[1] En sorte que la formule adoptée en dernier lieu par M. Berzélius et M. Liebig est 1 ou 2 PbO, $C^{24} H^{20} O^{10}$ exactement équivalente à 1 ou 2 PbO, $C^{24} H^{18} O^{9} + H^{2}O$.

[2] *Anciennes Annales de chimie*, t. XCV.

L'acétate d'ammoniaque rend stable l'acétate tribasique, malgré l'excès d'ammoniaque; et la présence de cette base dans les deux solutions empêche la formation de l'acétate neutre ou de l'acétate sesqui-basique, que l'amidon ne décomposerait pas. Le précipité d'amylate de plomb se dépose; on décante, et on remplace par une égale quantité d'eau bouillante. On répète quatre fois ces lavages, toujours en vases clos; on recueille le dépôt sur un filtre lavé à l'eau bouillante; on remplit quatre fois successivement le filtre d'eau bouillante, aussitôt que la plus grande partie du liquide est égouttée, mais sans attendre que l'amylate ait pris un retrait qui le ferait fendiller; on doit laisser les filtrations s'opérer sous une cloche où l'air soit privé d'acide carbonique, par la potasse ou la soude.

Après la dernière addition d'eau, on laisse égoutter pendant deux à trois heures; on enveloppe le filtre dans six doubles de papier non collé; on commence la dessiccation dans le vide, au-dessus de la potasse sèche; on l'achève à + 180°, avec les précautions ordinaires, mais surtout après avoir réduit la matière en poudre impalpable. L'amylate de plomb donne alors constamment, soit par la combustion, soit par l'analyse élémentaire, la composition représentée par C^{24}, H^{18}, O^{9}, 2PbO.

Voici les résultats de l'analyse de l'amylate bibasique de plomb :

H.....	21,55		
O.....	172,45	372,8	= 90,90
C.....	178,8		
2PbO.....	536,2		

Ces nombres comparés à ceux de la formule donnent :

		Calcul.	Expérience.
C.....	918,24	19,45	19,66
H.....	112,5	2,38	2,37
O.....	900,0	19,17	19,07
2PbO.....	2789,0	59,0	58,90
	4719,74	100,00	100,00

On prépare de la même manière le dextrinate bibasique de plomb, sauf une moindre proportion d'eau, pour dissoudre la dextrine; le produit est plus constant et plus aisément obtenu que par les autre moyens.

M. Berzélius, dans une lettre du 7 mai dernier, fit savoir à l'Académie des sciences de Paris que, tous mes résultats ayant été vérifiés par un chimiste allemand très-exercé, et trouvés exacts, il ne conservait de doute que relativement au dernier atome d'eau enlevé à l'amidon comme à la dextrine.

M. Dumas vérifia bientôt après ses analyses du dextrinate de plomb; de mon côté, les expériences annoncées par M. Berzélius me conduisirent à exécuter de nouvelles analyses, dont voici les résultats (le poids du carbone étant 37,2) :

		EXPÉRIENCES				MOYENNE.
		1re.	2e.	3e.	4e.	
Amylate de plomb employé		1,025	0,907	0,894	0,988	
Amylate de plomb obtenu...	Oxyde	0,649	0,528	0,536	0,630	
	Carbone	0,178	0,180	0,167	0,178	
	Eau	0,198	0,199	0,191	0,180	
Équivalents en centièmes de la matière organique...	Carbone	47,34	47,49	46,64	47,48	47,23
	Hydrogène	5,85	5,83	5,89	5,83	5,85
	Oxygène	46,81	46,68	47,47	46,69	46,91
		100,00	100,00	100,00	100,00	99,99

La matière employée dans la première analyse avait été obtenue de la fécule pure, traitée par cent fois son poids d'eau bouillante, puis combinée intégralement avec l'oxyde de plomb, sans rien séparer préalablement par le filtre.

Les trois analyses suivantes furent faites sur deux autres amylates préparés avec une solution d'amidon filtré.

La température de la dessiccation pour la première expérience fut égale à 135° pendant trois heures dans le vide sec; pour les essais suivants, on porta la température à + 170°; enfin les première et troisième analyses ont été faites par M. Schmershall et moi, la deuxième par M. Schmersahll seul, et la quatrième par moi seul.

Les nombres suivants prouvent que la formule $C^{24} H^{18} O^{9}$ s'accorde bien avec la moyenne et chacune des analyses; ils confirment les résultats précédents [1].

			Calculé.	Trouvé.	
C^{24}	918,2	ou	47,52	47,23	
H^{18}	112,3	ou	5,83	5,85	= 100
O^{9}	900,0	ou	46,65	46,91	

POIDS SPÉCIFIQUE DE L'AMIDON.

La détermination exacte du poids de l'amidon, comparé à celui de l'eau sous le même volume, présentait d'assez grandes difficultés, en raison surtout de l'hydratabilité de la substance et de l'adhérence de l'air interposé. Voici comment je suis parvenu dernièrement à l'obtenir, en opérant sur de la fécule de pomme de terre épurée et préalablement desséchée dans le vide sec, à la température de 120°, soutenue pendant six heures.

Dans un petit ballon à col étroit, taré, j'introduisis, jusqu'à la moitié environ de sa capacité, de l'huile de moelle filtrée, débarrassée d'eau et de gaz, dans le vide à 100°; la fécule fut alors ajoutée peu à peu, en agitant sans cesse, afin de bien imprégner tous ses grains. On soumit alors ce mélange dans le vide à

[1] Nous avons fait observer, plus haut, qu'en employant le chlorate de potasse et le nouvel appareil (voyez *Annales de chimie*, t. I, 3e série, p. 54), la plus forte proportion de carbone obtenue laisse la même formule, en admettant, pour l'équivalent du carbone, le poids = 75, actuellement adopté d'après M. Dumas.

l'action d'une température soutenue à 100°, pendant dix heures; en agitant encore de temps à autre, et jusqu'à cessation de dégagement aériforme, le ballon fut refroidi à + 19°,75, rempli d'huile jusqu'à une ligne de niveau tracée au point le plus étroit du col, pesé en cet état, puis vidé, rempli d'eau distillée exactement au même point, pesé de nouveau. On peut ainsi comparer le poids du volume de fécule avec des volumes égaux d'huile déplacée, puis celle-ci avec le même volume d'eau, enfin rapporter à ce dernier le poids de la fécule.

Voici les nombres de l'une de ces expériences, qui, répétée trois fois, donna les mêmes résultats :

Substance employée	$12^{gr}.109^{mil}$.
Huile plus fécule	34, 07
Huile occupant le volume du vase	29, 32
Huile déplacée par la fécule	29, 32 — 21,96 = 7,36
Poids de l'eau remplissant le ballon	= 32,045
Rapport de l'huile à l'eau	29,32 : 32045 :: 7,36 : 8,044 :: 915 : 1000
Rapport de la densité de l'eau au poids spécifique de l'amidon	8044 : 12109 :: 1000 : 1505,5

Ainsi, à volume égal, l'amidon pèse moitié plus que l'eau, ou le poids de celle-ci étant 1,000, celui de l'amidon est 1505,5, pour la température de + 19,65. Il diffère donc du poids spécifique du sucre, qui a été trouvé être de 1606,06.

Pour une température soutenue durant deux heures à 200°, l'amidon dans l'huile éprouva un commencement d'altération : des bulles de gaz se dégagèrent; sa couleur devint fauve et son poids spécifique fut porté à 1555. Cette augmentation de poids résultait surtout du dégagement des produits hydrogénés formés aux dépens d'une portion de la substance.

POIDS SPÉCIFIQUE DE LA DEXTRINE.

La dextrine pulvérisée, desséchée à + 120°, puis à + 125° dans

le vide sec, pesée alternativement dans l'air et dans l'huile, avec les précautions ci-dessus indiquées, donna les nombres suivants :

Poids de la dextrine employée.....	7,900
Huile, plus dextrine.....	32,480
Poids de l'huile contenue dans le ballon plein.....	29,320
Huile déplacée par la dextrine.....	4,740
Rapport de la densité de l'huile à celle de l'eau....	474 : 5189
Rapport entre le poids de l'eau et celui de la dextrine.	5189 : 79 :: 1900 : 1520

Ainsi le poids spécifique de l'amidon est à celui de la dextrine comme 1,505 est à 1,520.

Ce résultat est d'accord avec l'observation de la diminution de volume observée pendant la conversion de la fécule en dextrine, mais il se pourrait bien que l'un et l'autre effet dépendissent d'un simple resserrement mécanique qui aurait complété l'expulsion des dernières traces d'air interposées.

TERMES D'HYDRATATION DE LA DEXTRINE.

Afin d'obtenir sur la dextrine des influences égales à celles exercées sur l'amidon, j'employai dans cette série d'essais de la fécule convertie en dextrine sans déformation. Restée ainsi en grains, on ne put constater de terme précis d'hydratation dans l'air saturé d'humidité, parce qu'elle fut liquéfiée par l'eau absorbée; mais exposée à l'air en couches minces pendant huit à douze jours, l'hygromètre ayant marqué 0,60 à 0,68 et le thermomètre + 20 à + 14°, elle retint 4 équivalents d'eau; exposée 24 à 48 heures dans le vide sec, soutenu à + 100 comme à + 140°, elle ne retenait plus alors que l'atome constituant; ainsi tous les nombres des quatre premières lignes du tableau relatif aux degrés d'hydratation de l'amidon, s'appliquent exactement à la dextrine.

Ainsi donc, la dextrine, par sa composition élémentaire, son poids atomique et ses termes d'hydratation, comme aussi par

son action moléculaire sur la lumière polarisée, est identique avec l'amidon.

La dextrine et l'amidon offrent les mêmes relations entre leurs principes constituants et manifestent des phénomènes très-divers sous l'influence d'agents nombreux; mais ces phénomènes ne démontrent pas des propriétés inhérentes à une combinaison moléculaire; ils dépendent surtout de l'agrégation des particules.

On peut, en effet, les faire tous varier par un grand nombre de modifications qui ne changent absolument rien à la composition ni au poids atomique de la matière.

Ainsi l'amidon, toujours identique chimiquement, mais sécrété par différents végétaux ou sous des influences variables de sol et de saison, ou encore à différents âges, présente des volumes et des degrés de cohésion très-divers; soumis à de simples actions mécaniques, il produit avec l'eau, l'alcool, la potasse, la soude, la baryte, l'iode, le tanin, l'acétate de plomb, les sels neutres, etc. une foule de réactions spéciales.

Divisé plus encore par la diastase, les acides puissants ou les alcalis caustiques, agents qui diffèrent extrêmement par leur composition et leurs réactions chimiques, l'amidon produit alors graduellement plusieurs phénomènes nouveaux en rapport avec le degré de la désagrégation opérée; puis, tout à coup, sa dissolution complète semble avoir anéanti toutes ses facultés caractéristiques, on n'en obtient plus ni colorations, ni précipités, par aucun des agents employés jusque-là avec succès pour les produire.

Il semble qu'il n'y ait plus pour son nouvel état de combinaisons énergiques possibles.

Cependant, sous tant de formes, la composition intime n'a point varié, et je viens de démontrer qu'à l'aide de nouveaux efforts on obtient avec les bases des combinaisons définies semblables, d'où l'on déduit un même poids atomique.

Tel que le donne la végétation, ce principe immédiat possède

donc des formes organiques spéciales qui paraissent modifier sa densité et persistent même dans leur dissolution aqueuse[1]; leur contractilité et leur extensibilité apparaissent au contact d'une foule de réactifs.

C'est un exemple remarquable d'application des moyens qu'offrent la chimie et la physique, pour étudier un corps déjà sur la limite de l'organisation appréciable par d'autres procédés, suivre toutes les phases d'une désorganisation graduellement opérée jusqu'à sa complète dissolution, et pour en saisir même certains termes qui offrent d'utiles applications.

Je crois pouvoir encore conclure de ce genre de recherches que, tout en arrivant par des voies diverses à transformer l'amidon en dextrine et dans tous les degrés intermédiaires, jamais on ne remontera de la dextrine ou de ses congénères à l'amidon, pas plus qu'on ne parviendrait à former artificiellement une seule utricule, un tissu organisé, un organe quelconque de la reproduction végétale.

DÉFINITION DE LA NATURE CHIMIQUE DE L'AMIDON ET DE LA DEXTRINE.

Considéré sous les rapports chimiques, l'amidon pur à l'état normal, tel qu'on peut l'extraire des plantes, est un principe immédiat.

C'est un principe immédiat aux mêmes titres que le ligneux, que la substance des cellules végétales[2].

Pour être appelés à jouer le plus directement possible ce rôle important dans la constitution des plantes et des animaux, les

[1] Cette dissolution filtrée se trouble au bout de quelque temps, et laisse peu à peu précipiter la substance encore membraniforme; mais alors, sans doute, ses particules sont disposées dans un autre ordre, car ni le liquide, ni le précipité ne reproduisent la belle coloration bleue avec l'iode.

[2] Des recherches chimiques, que je dois multiplier avant de présenter leurs résultats, me portent à penser que la substance des premières formations cellulaires diffère du ligneux, et que le gluten ne constitue pas un tissu dans le périsperme du blé, mais bien un dépôt de matière azotée qui, dissous ultérieurement par un agent spécial, favorisera les premiers développements de la plantule.

principes immédiats ne doivent-ils pas remplir les conditions suivantes : être à l'abri des changements spontanés, par conséquent incristallisables et garantis contre la tendance de s'engager dans des combinaisons cristallines, propension si commune aux corps inorganisés?

Leurs particules ne sont-elles pas douées d'une prédisposition à s'agréger entre elles sous des formes en quelque sorte membraneuses?

Après les nombreuses expériences que nous venons de décrire, on ne saurait nier que la substance amylacée membraniforme, à l'état libre ou combinée, ne réunît ces conditions; que de plus, roulée en globules par couches concentriques, elle ne fût assez stable pour se conserver longtemps et assez peu attaquable pour se tenir en réserve, prête à céder ses particules aux agents des développements ultérieurs des organes végétaux.

Si la substance propre de divers tissus a paru jusqu'ici d'une nature plus complexe, ne serait-ce pas qu'il resterait à éliminer du principe immédiat formant chaque enveloppe les corps étrangers à sa constitution, sécrétés, excrétés ou enveloppés par elle?

DEXTRINE.

L'amidon, qui offre une constitution moléculaire identique avec celle de la dextrine, diffère cependant par l'arrangement de ses particules, c'est-à-dire de ses groupes moléculaires. Cette agrégation est remarquable par les phénomènes physiques curieux, qu'on doit lui attribuer, et non-seulement en raison de la variété que sa désagrégation introduit graduellement dans ces phénomènes, mais encore et surtout elle est digne du plus haut intérêt par la singulière propriété que cet arrangement spécial lui donne, d'entrer en combinaison avec l'iode, combinaison qui partout signale sa présence et ses moindres altérations, mais qui est insuffisante pour la prouver.

Un tel pouvoir, inhérent aux rapports de présence entre les

groupes de particules, qui la modifie lorsqu'on trouble ces rapports, qui disparaît lorsqu'on les détruit; ce pouvoir remarquable établit entre la dextrine si complétement soluble, et l'amidon insoluble directement, une isomérie spéciale bien caractérisée, qui existe avec une identité de composition et de diverses réactions moléculaires évidemment incontestables.

INULINE COMPARÉE AVEC L'AMIDON.

Propriétés nouvelles, composition et transformation isomérique.

Ce principe immédiat, trouvé d'abord dans la racine de l'*inula helenium*, par M. Rose; puis par MM. Pelletier, Caventou et Gauthier, dans les racines de colchique et de pyrèthre, constitue, comme je l'ai démontré, la plus grande partie de la substance solide des topinambours et des dahlias, tubercules qui, d'ailleurs, ne renferment pas d'amidon. Certaines analogies remarquables entre ce dernier corps et l'inuline ayant porté quelques observateurs à douter que ces deux substances fussent réellement différentes, il m'a semblé utile de chercher à établir entre elles une véritable identité, ou des différences caractéristiques qui ne permissent plus de la confondre. Voici les principaux résultats des expériences entreprises dans cette vue.

L'inuline dissoute dans l'eau, à la température de 100°, se dépose, après le refroidissement, en un précipité qui, vu au microscope, se compose de sphérules incolores diaphanes, parfois adhérentes entre elles et réunies en chapelets. Si l'on a opéré la dissolution en vases clos à une température plus élevée que l'eau bouillante, la précipitation a lieu plus lentement, et forme de plus gros globules: c'est ainsi qu'un tube contenant le mélange d'eau et d'inuline, porté dans un bain d'huile à + 170°, pendant dix minutes, conserva longtemps la dissolution d'inuline diaphane; au bout de trois mois, le dépôt, graduellement augmenté, formait des plaques translucides sur les parois, et cette couche continue montra, sous le microscope, de petits sphéroïdes adhérant les

uns aux autres; ils avaient la plupart environ 3 centièmes de millimètre de diamètre, se détachaient en séries linéaires sur les bords du dépôt; presque tous étaient recouverts de très-petits globules semblables. Tous ces corps isolés ou réunis étaient peu consistants, fragiles, se brisant en éclats anguleux sous une légère pression.

L'inuline, exposée à sec dans un tube plongé dans un bain d'huile à + 168°, éprouva une fusion complète sans coloration sensible, pourvu que la réaction ne fût pas prolongée et n'eût lieu que sur une quantité peu considérable.

L'inuline était alors devenue soluble dans l'eau froide et même dans l'alcool; il me parut curieux de comparer la composition de l'inuline sous ces deux états. Voici les résultats des analyses :

		INULINE normale séchée à 105°.	INULINE fondue à + 168°.
Substance employée		221^{m}	519^{m}
Acide carbonique		358	840
Eau		120	291
D'où l'on tire la composition élémentaire	Carbone	44,55	44,6
	Hydrogène	6,12	6,2
	Oxygène	49,33	49,2
		100	100

On voit que, sous les deux états, l'inuline a la même composition élémentaire, et c'est encore la composition de l'amidon et de la dextrine; on peut conclure de là que l'amidon, la dextrine, l'inuline normale et l'inuline fondue présentent quatre substances isomériques.

Plusieurs propriétés remarquables caractérisent encore l'inuline, la distinguent de l'amidon, et offrent des moyens de sépa-

ration entre ces deux principes immédiats. L'inuline, non-seulement est rendue soluble et transformée en glucose par les acides sulfurique, phosphorique, etc. mais elle éprouve même cette altération à l'aide de la chaleur, sous l'influence de l'acide acétique, qui n'attaque pas sensiblement l'amidon dans des circonstances semblables; d'un autre côté, la diastase, qui agit si énergiquement sur l'amidon, n'altère pas l'inuline, et lui laisse la propriété d'être précipitée spontanément d'une solution aqueuse peu étendue, faite à chaud, puis refroidie.

Ainsi, d'un mélange d'amidon et d'inuline, on peut, à volonté, éliminer l'inuline, que l'on fait dissoudre par l'acide acétique ou l'amidon rendu soluble par l'eau et la diastase [1].

POINT DE VUE PHYSIOLOGIQUE.

ÉTUDE DE L'AMIDON DANS SES DÉVELOPPEMENTS VARIÉS ET SES RAPPORTS AVEC LA GERMINATION ET LA NUTRITION DES PLANTES.

ORGANES QUI CONTIENNENT DE L'AMIDON, TISSUS QUI EN SONT DÉPOURVUS; INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LA SÉCRÉTION DE CE PRINCIPE IMMÉDIAT.

Tous les organes d'un grand nombre de plantes peuvent, dans des circonstances favorables, sécréter la substance amylacée, et plus tard la dissoudre pour la laisser concourir alors à la nutrition végétale.

Cependant on ne rencontre jamais l'amidon dans les tissus qui sont à l'état rudimentaire; ceux-ci ne recèlent encore que les principes immédiats indispensables à leurs premiers développements, principes que j'ai depuis longtemps démontrés être alors constam-

[1] En s'unissant aux bases, l'inuline présente des phénomènes caractéristiques à étudier; c'est ainsi que, dissoute et versée dans une dissolution de baryte, elle donne un précipité blanc, opaque, volumineux, susceptible d'être redissous par une addition d'inuline.

ment réunis : les uns très-riches en azote, les autres non azotés.

Ainsi, les spongioles des radicelles, les plus jeunes rudiments des bourgeons foliacés et fructifères, l'intérieur des ovules non fécondés et sans aucune exception, toute l'organisation naissante est dépourvu de fécule amylacée.

Cela se conçoit, car celle-ci représente un excès de principe assimilable, sécrété et mis en réserve seulement après que les organes ont atteint un certain développement.

Je n'ai pas rencontré non plus d'amidon dans les vaisseaux ni dans les méats intercellulaires; c'est qu'il n'y peut passer sans doute qu'après une transformation qui, le rendant soluble, lui ôte ses caractères distinctifs.

L'amidon ne se trouve pas dans l'épiderme, et manque presque toujours dans les premières cellules des tissus sous-jacents. Cela dérive, je crois, d'une loi générale de sa formation : en effet, soit qu'une vitalité plus grande ou qu'une assimilation plus efficace, par les agents aériens, ait lieu dans les points rapprochés de l'air et de la lumière, l'amidon est exclu de ces parties jusqu'à une certaine profondeur, passé laquelle les grains commencent à se montrer, puis augmentent en nombre comme en volume dans les cellules de plus en plus éloignées de la superficie jusqu'à certaines limites; il en est de même des organes foliacés qui, sous la terre, sont parfois abondants en fécule, les écailles de divers bulbes, par exemple, tandis qu'ils en contiennent peu ou point s'ils sont exposés à l'air ou à la lumière.

Nous allons citer quelques faits à l'appui de ces assertions.

Si l'on coupe une tranche très-mince d'un rhizome de *canna discolor* par un plan perpendiculaire à l'axe, et que l'on examine successivement, sous le microscope, toutes les parties du tissu, depuis la couche extérieure jusqu'au centre, on ne trouve aucun grain de fécule ni dans l'épiderme, ni dans les cellules contiguës, ni dans celles qui suivent, jusqu'à une profondeur de 8 à 10. Dans les cellules suivantes, les grains d'amidon, d'abord rares et très-petits, se montrent graduellement plus gros et atteignent au

plus 5 centièmes de millimètre; mais ce n'est qu'au delà du premier cercle de vaisseaux que les grains, augmentant plus rapidement de volume dans les grandes cellules, atteignent leur développement, c'est-à-dire 15 centièmes de millimètre: ce sont du moins les résultats micrométriques de mes observations sur les rhizomes les plus développés que j'ai pu me procurer au Jardin du roi, ainsi que sur ceux du *canna gigantea* et du *maranta arundinacea;* ils s'accordent avec les essais que j'avais faits précédemment pour la Société centrale d'agriculture, sur la fécule du *canna discolor* envoyée de Montpellier par M. Farel.

Dans les tubercules de l'*orchis latifolia*, les plus fortes dimensions des grains de fécule se remarquent dans le centre, tandis qu'ils sont d'autant plus petits dans les cellules qui se rapprochent de l'épiderme.

Toutes les variétés de pommes de terre sont dépourvues de fécule dans leur épiderme et dans leur tissu herbacé sous-jacent (médule externe); la grosseur et le nombre de grains augmentent à partir de là jusqu'au cercle des fibres vasculaires qui entourent la moelle; dans celle-ci, les proportions d'amidon sont moindres en général vers le centre.

Les mêmes résultats dans les parties semblables s'observent relativement aux tubercules du *tropæolum tuberosum*.

En général, toutes ces plantes ne présentent que très-peu ou pas de fécule dans les portions de leurs tiges qui s'élèvent au-dessus du sol; toutes les tiges du cactus, sous leurs diverses formes, présentent les grains de fécule plus volumineux et en plus grand nombre dans le tissu médullaire ou les parties voisines. On n'en trouve pas de traces près de l'épiderme ni jusqu'à une certaine profondeur de la partie corticale.

PREMIERS DÉVELOPPEMENTS DES FÉCULES, CAUSES DE LEURS RUPTURES SPONTANÉES, DE LEURS CONFORMATIONS VARIÉES ET D'UNE APPARENCE DE TÉGUMENT.

Il résulte de l'ensemble des propriétés physiques et chimiques des grains d'amidon à différents âges et des parties inégalement

agrégées de chacun d'eux, que le principe immédiat dont ils se composent est d'abord sphéroïdal, comme tout corps fluide laissé à la propre attraction de ses parties intégrantes; il absorbe généralement par un seul point, quelquefois par deux, rarement par trois, la substance amylacée.

Celle-ci s'accumule dans l'intérieur, presse contre les premières parties agrégées, les gonfle, puis est pressée à son tour par une nouvelle quantité de matière qui, bientôt encore, reçoit et transmet la pression d'un autre flot de la sécrétion.

Ce gonflement successif produit les couches concentriques observées; il continue tant que les circonstances extérieures laissent une souplesse suffisante aux premières couches qui enveloppent les autres.

C'est ainsi que, dans les parties aqueuses d'une même plante, se trouvent des grains d'amidon, d'autant plus volumineux d'ailleurs, que leur développement s'est prolongé davantage au milieu d'un suc plus aqueux.

Les rhizomes des cannées, les tubercules des pommes de terre, etc. dans les terrains humides, offrent les maxima de dimensions des fécules; tandis que les tiges du *ginkgo biloba*, et de l'*aylanthus glandulosa*, les fruits de plusieurs graminées, les graines de diverses légumineuses, des chenopodées, et une foule d'autres, laissent plus promptement l'amidon privé d'eau et arrêtent sa croissance.

Lorsque le développement des grains amylacés est considérable, les premières couches formées, ayant perdu leur souplesse, ne cèdent à la pression interne des dernières parties sécrétées, qu'en éprouvant des ruptures, et celles-ci partent généralement du hile où les parois amincies opposent le moins de résistance.

Quant aux formes extérieures accidentelles, elles dépendent évidemment d'une sorte de moulage sur les obstacles que rencontrent les grains amylacés dans le milieu où ils se gonflent.

C'est ainsi que dans le fluide rempli de flocons de matière azotée, où se forme et s'accroît l'amidon des fèves, haricots et pois,

l'inégale résistance et la viscosité du milieu déterminent ces surfaces ondulées et creusées en sillons, et ces contours sinueux des projections qui caractérisent les grains amylacés de ces légumineuses; d'autres particularités remarquables dans les formes des fécules nécessitent le concours d'une autre cause que nous allons exposer.

APPARENCE TÉGUMENTAIRE ET DIFFÉRENCES DE COHÉSION DANS LES GRAINS DE FÉCULE.

Sur toutes les fécules, la couche superficielle, ayant plus de cohésion, résiste le plus aux divers agents de dissolution; cette couche est souvent rendue plus difficilement attaquable encore par l'adhérence de plusieurs corps étrangers insolubles, tels que l'albumine végétale, les sels calcaires, une matière oléiforme fixe et une huile essentielle. De là cette apparence trompeuse d'un tégument propre qui, disait-on, offrait une composition distincte. La moindre consistance des couches internes dans les fécules explique les diverses réactions qui parfois déterminent une partie de la substance à sortir et former hernie au dehors: c'est ce qui arrive si l'on met en contact avec de jeunes grains une solution de soude trop faible pour attaquer la couche externe, mais qui, s'introduisant dans le hile, gonfle et force la matière intérieure à sortir (pl. IV, fig. 19).

CONFORMATION POLYÉDRIQUE ET AGGLOMÉRATION DES GRAINS DE FÉCULE.

Les formes polyédriques de la fécule du *cycas circinalis* me parurent plus remarquables que celles des autres fécules, soit parce qu'elles appartenaient à la plupart des grains, et qu'une moitié seulement du volume de chacun d'eux était ainsi polyédrique, l'autre moitié ayant conservé sensiblement la forme d'un sphéroïde.

Quelle pouvait être la cause de ce moulage partiel? J'essayai de la découvrir en observant, non plus la fécule extraite à part, ni même

les cellules aplaties entre les lames du porte-objet, mais bien des tranches très-minces de la moelle du sagouier placées, sans pression et sans frottement, dans l'eau, entre deux lames de verre.

Il me fut possible alors de voir la fécule généralement réunie en petites agglomérations de deux, trois, quatre, six ou sept grains (cases 5 et 6, planche IV); la portion engagée dans l'agglomération avait seule les formes polyédriques qui remplissaient les vides qu'eussent laissés des sphéroïdes entre eux, tandis que la portion libre, restée en dehors de l'agglomération, avait continué ses développements sous formes arrondies: on voyait distinctement aussi, comme le montrent les figures des cases 5 et 6, le hile marqué sur cette partie externe, et les lignes circulaires d'accroissement disposées concentriquement autour de lui; une faible pression et un léger frottement suffisaient pour séparer tous ces grains les uns des autres, et les montrer alors isolés comme dans les figures de la case 5, planche IV.

L'explication des formes polyédriques que prennent les fécules lorsqu'elles sont pressées de toute part comme dans les parties cornées du maïs, cette explication, dis-je, ne présente aucune difficulté, maintenant que la constitution intime et le mode de développement sont démontrés; on voit bien que les couches externes, assez souples et extensibles pour se gonfler, en cédant à la force intérieure que produit un accroissement graduel de volume, doivent céder aussi à la pression extérieure des autres grains qu'elle rencontre; qu'alors, pour remplir l'espace libre, les grains arrondis doivent présenter bientôt des surfaces planes, et acquérir peu à peu des formes polyédriques; qu'alors enfin la transparence de la masse résulte de l'expulsion des substances interposées de densités si différentes (les gaz surtout); la forte adhérence tient à la nature cohésive même de la substance amylacée.

Mais comment se fait-il que, sans être fortement pressés entre eux, les grains de fécule acquièrent habituellement, dans certaines plantes, une ou plusieurs faces planes, tandis que d'autres fécules,

même plus abondantes dans chaque cellule, conservent des contours arrondis?

Les circonstances de la végétation des plantes d'où provenaient ces fécules me portèrent à croire que l'abondance de l'eau interposée avait, pour les unes, prévenu presque toute attraction énergique, tandis que, pour les autres, une proportion moindre de ce liquide avait permis à la substance amylacée de contracter de nombreuses adhérences.

Cette hypothèse s'appuyait d'abord sur l'observation directe de l'adhérence remarquable entre les grains de la fécule contenant 10 atomes d'eau sans qu'il y en eût aucun excès interposé. (V. les différents termes d'hydratation, p. 91.)

Les mêmes vues furent d'abord justifiées par l'examen comparatif des fécules durant leur croissance.

Les plus jeunes, en effet, se rapprochaient des formes globuleuses, tandis que, devenues plus âgées et plus volumineuses en même temps que l'eau et l'espace ambiant diminuaient, elles avaient contracté entre elles quelques adhérences qui rendaient plane une portion de leur superficie.

Les jeunes périspermes de maïs, par exemple, ne contiennent en général que des grains de fécule globuleux; bien que, près de l'état de maturité, presque tous ces fruits offrent une grande partie de la masse du périsperme à l'état corné demi-translucide, résultant de la configuration polyédrique et de la juxtaposition des grains de fécule.

Une preuve plus démonstrative encore m'a paru devoir être le résultat d'une modification déterminée dans les formes de la fécule, en changeant à dessein les circonstances de la végétation.

AGGLOMÉRATION DES GRAINS DE FÉCULE PRODUITE À VOLONTÉ PENDANT LA VÉGÉTATION.

Voici comment je réunis les circonstances favorables à la modification projetée des formes de la fécule dans les pommes de terre.

Je laissai *germer* et pousser ces tubercules à l'air depuis les premiers jours d'avril jusqu'au 20 août, dans un laboratoire où le thermomètre varia de + 12 à 20° centésimaux; l'hygromètre marquant, de 0, 45 à 0, 70.

Les tiges ainsi toutes aériennes portaient des renflements, à la partie inférieure desquels naissaient des mamelons radicellaires blanchâtres tandis que les parties supérieures se garnirent de petites feuilles vertes.

Dans les renflements, se rencontrèrent parmi de nombreux grains globuliformes de fécule plusieurs groupes de 2, 3, 4 et même 5 grains, qui par leur adhérence étaient devenus polyédriques sur les points en contact.

Ces réunions étaient plus nombreuses parmi les grains formés en dernier lieu, par conséquent sous l'influence des moindres proportions d'eau.

Un assez grand nombre des grains plus volumineux étaient doubles (pl. IV, fig. 19); séparés par pression et frottement, ils se présentaient sous les formes de sphéroïdes ou d'ellipsoïdes tronqués.

RAPPORT ENTRE LES PAROIS DES CELLULES ET LE HILE DES GRAINS D'AMIDON.

Nous avons vu qu'à l'aide de nouveaux moyens d'investigation on démontre la présence d'un hile dans des fécules qui jusqu'ici avaient paru n'en pas avoir; on peut donc admettre qu'il existe pour toutes, et qu'il joue un rôle dans la formation ou dans l'accroissement des grains amylacés.

Mais résulte-t-il d'un point d'attache permanent aux parois intérieures de la cellule, ou bien montre-t-il seulement l'orifice du conduit par lequel l'accroissement s'est opéré par intus-susception?

En démontrant la difficulté dans certains cas, l'impossibilité même de justifier la première hypothèse, nous serons portés à faire prévaloir la seconde.

Dans un grand nombre de cellules des variétés de pomme de terre riches en fécule, dans celles des rhizomes également abondants en substance amylacée du *canna discolor,* les globules d'amidon qui se développent sont en quantité telle, qu'il paraît impossible que tous restent en rapport avec la paroi interne de la cellule.

Le maintien à distance d'une partie des grains semble plus évident encore dans les cellules où ils sont tellement pressés les uns contre les autres, que toute leur périphérie est déprimée en facettes fortement adhérentes aux facettes des autres grains en contact; lorsqu'enfin, tous sont polyédriques comme le montre la figure 20, planche IV, relativement aux parties cornées du périsperme du maïs, ils sont là tellement enchâssés, qu'évidemment leurs derniers développements ont été acquis en place, par conséquent à distance des parois, pour beaucoup d'entre-eux. Les mêmes phénomènes s'observent dans la masse féculente du périsperme des fruits de plusieurs graminées. (Voyez fig. 27, pl. IV, représentant l'amidon du *panicum italicum.*)

Nous avons vu un autre exemple curieux de ces développements hors du contact des parois cellulaires, manifesté durant la croissance des groupes de grains amylacés dans les cellules de la moelle du sagouier. Ces groupes nombreux, beaucoup plus petits que la cellule, ne peuvent toucher celle-ci que par deux ou trois des points correspondants à leurs hiles, sur six ou sept que parfois ils présentent.

Enfin une altération spéciale (pl. III, case 9) qui, durant la germination des céréales et les arrêts de la végétation des pommes de terre, laisse désagréger les grains d'amidon, puis réagréger en globules leur substance, me semble venir à l'appui des conclusions qui précèdent.

DÉTERMINATION DE LA NATURE DE L'AMIDON DES POLLENS.

Nous avons vu que l'iode est un réactif insuffisant de la substance amylacée : il fallait donc y combiner les autres moyens

d'investigation pour démontrer la nature des granules bleuissables dans les grains de plusieurs pollens. C'est ce que je me suis empressé de faire, à la demande de M. de Jussieu.

Pollen de *globba nutans*. — Les figures, case 7, *c*, *c'*, *c''*, *d*, planche VIII, montrent les grains de ce pollen : une moitié est colorée par l'iode, savoir : la membrane *végétale* externe en jaune orangé, la membrane interne en fauve ou violet, suivant qu'elle contient la fovilla seule ou mêlée d'amidon ; les plus petits grains de ce pollen sont dans le premier cas (fig. *c*), tandis que les plus gros sont en partie (fig. *c'*) pleins de granules amylacés et de fovilla ou complétement remplis de ce mélange (voyez fig. *c''*). Ces derniers, mis dans l'eau, laissent échapper les deux matières quand ils font explosion : on voit, en effet (fig. *d*, *a*, *b*) un grain de pollen qui a lancé au dehors la fovilla mucilagineuse formant des globes tourbillonnants, et disséminant ses grains d'amidon dont on voit une moitié bleuie par l'iode.

Un autre grain de pollen est vu, en *e*, case 8, teint par l'iode ; en le mouillant par une solution de soude à 0,01, l'enveloppe interne, vivement gonflée, brise l'enveloppe externe, l'abandonne sous l'une des formes *f'*, et puis, continuant à être gonflée par l'augmentation de volume des granules d'amidon, passe de la forme *a*, *b* à la forme *b'*, *b''* ; celle-ci laisse bientôt apercevoir les granules amylacés beaucoup plus volumineux, affaissés suivant une ligne médiane ; une partie de ces grains gonflés et affaissés peuvent encore être bleuis par l'iode. (Voyez fig. *b'*.)

Les grains du pollen, moins volumineux, se dépouillent aussi de leur première enveloppe par la soude, mais ordinairement restent sphéroïdes sans se désagréger, sans doute parce qu'ils contiennent peu ou point de granules d'amidon.

Il fallait, pour démontrer complétement la nature amylacée de ces granules, réunir d'autres observations ; les voici : ils offrent avec l'eau, sous diverses températures, les phénomènes d'extension et de contraction ; chauffés graduellement avec l'acide sulfurique étendu, leur substance, peu à peu dissoute, a présenté,

par l'iode et les autres réactifs, tous les caractères de la désagrégation successive de l'amidon.

Traitée au bain-marie avec la diastase, elle donne de la dextrine de plus en plus dissoluble, puis se convertit en glucose.

Des observations semblables caractérisent l'amidon des pollens de *naïas major* et *ruppia maritima*; celui-ci contient aussi des proportions variables de fécule (voyez case 1, pl. VIII). *a*, *a'*, pollen normal vu dans l'eau sans pression; *d*, *d'*, *e*, pollen pressé, montrant les granules d'amidon; *b*, *c*, ceux-ci vus en dehors; *f*, *f'*, grains de pollen dans une solution de soude à 0,01, faisant explosion et lançant au dehors les granules d'amidon gonflés; case 2, pollen de *naïas major* contenant plus ou moins d'amidon réuni en paquets dans la fovilla; on voit en *c* des granules isolés sortis de ce pollen. La case 3 montre les mêmes granules gonflés par la solution alcaline; la case 5 contient les grains d'amidon des graines de *naïas* à demi développées; la case 4, le même amidon des graines mûres, et la case 6, ce dernier gonflé par la soude.

DISSOLUTION SPONTANÉE ET PASSAGE DE LA SUBSTANCE AMYLACÉE D'UN TISSU DANS UN AUTRE.

Planche III, figures 5, on voit les grains de fécule d'une pomme de terre poussée. Les premières enveloppes de ces grains, ayant été dissoutes, laissent voir les formes irrégulières et allongées des parties sous-jacentes intérieurement moulées.

Les figures 6 montrent ces grains chauffés à une température de 180° dans le vide.

Les figures 7 indiquent l'action de gouttes d'eau sur la superficie de ces grains préalablement chauffés à + 200°.

Enfin, figures 8, l'action d'un excès d'eau, puis de l'iode, prouve que l'exfoliation de ces grains se fait comme dans les diverses féculés normales.

Des effets semblables de dissolution des couches externes sont indiqués, planches IV, par les figures 1, *c*, *f*, *g*, pour la

fécule du *canna discolor*, et par les figures *e*, *f*, *g*, case 2, relativement à la fécule du *maranta arundinacea*. Une simple pression sépare plusieurs tuniques de ces fécules en voie de désagrégation (Voyez les figures *g*).

Ce sont des effets curieux de leur dissolution graduelle : sans cette altération spéciale, effectuée par l'eau et la diastase, les fécules ne pourraient traverser les parois cellulaires qui retiendraient même leurs plus petits granules.

On voit que les couches externes s'exfolient successivement, se désagrègent et se dissolvent (en dextrine et glucose); les parties restantes diminuent de volume, et présentent la matière interne avec les différentes formes que leur avait imprimées leur moulage contre les parois des parties plus anciennement formées.

Ces phénomènes se passent dans les vielles écailles des bulbes de lis, de jacinthe; dans les plus anciens rhizomes des cannées, dans les pommes de terre en cours de leur végétation reproductive, jusques à l'époque où toutes ces parties sont entièrement épuisées de fécule.

L'amidon, très-abondant dans les jeunes gousses des pois, des haricots et des fèves, alors qu'il n'en existe pas encore dans les ovules, passe graduellement dans ceux-ci, où la presque totalité se rassemble en définitive dans les cotylédons de la graine.

Le passage entre les tissus se fait parfois plus rapidement encore, durant la croissance d'une seule plante annuelle : on peut la suivre, à l'aide des réactions précitées, dans toutes les parties qui supportent et enveloppent les épis et les fruits du maïs.

Ainsi les pédoncules de ces épis, tous les feuillets de leur spathe, les supports des fruits, les téguments de ceux-ci, contiennent et se transmettent de proche en proche l'amidon réagrégé successivement en granules, gros de 1 à 2 millièmes de millimètre au plus, avant que l'amidon n'arrive dans le périsperme, où il doit s'accumuler, à l'abri, seulement alors, des transformations en dextrine et en sucre, changements qui ne commenceront qu'à l'époque où la germination, renouvelant les mêmes circonstances,

puisera dans le périsperme les matériaux d'une alimentation nouvelle.

APPLICATIONS DES DONNÉES PRÉCÉDENTES ; PRINCIPAUX USAGES DES FÉCULES ET DES PRODUITS DE LEURS TRANSFORMATIONS.

Formes et dimensions.

Les caractères spéciaux de certaines fécules usuelles peuvent les faire distinguer : ainsi on voit que, bien établis, ils ne permettraient plus, par exemple, de confondre la fécule commerciale du *maranta arundinacea* (arrow-root), case 2, planche IV, avec celle des batates, figures 14, 15, 16, même planche, ni avec celle des pommes de terre, planches I et II, case 1.

La forme discoïde ou en bouclier de l'amidon des blés, et ses dimensions (pl. IV, cases 7 et 8), expliquent comment, à épaisseur égale, cet amidon, offrant plus de grains entrecroisés et d'air interposé, offre aussi plus de blancheur et d'opacité que la plupart des autres fécules.

Différents termes d'hydratation.

Les proportions d'eau si considérables et bien définies, que l'amidon retient (voyez p. 91) dans des circonstances déterminées, peuvent expliquer, me semble-t-il, l'utilité de ce principe immédiat dans les pollens de plusieurs plantes aquatiques.

On doit avoir égard à cette remarquable faculté dans toutes les transactions si nombreuses entre les producteurs et les consommateurs de fécule : ce produit commercial devrait toujours être titré à l'état sec.

L'hydratation à 10 équivalents d'eau donnant à l'amidon la propriété de s'agglutiner entre + 60 et 100°, il importe d'éviter de l'exposer à ces températures dans les séchoirs, avant qu'il ait perdu plusieurs équivalents d'eau. Cette observation s'applique aux diverses fécules, aux grains germés, aux farines humides, etc.

Les conditions d'hydratation durant la *maturation* des fécules

influent beaucoup sur leur cohésion et leur résistance à tous les agents : c'est ainsi que l'amidon de pois mûrs reste intact et insoluble chauffé à sec jusqu'à + 205 degrés, tandis que la fécule des tubercules aqueux devient soluble ou désagrégeable à la température de 170 à 200°.

PRODUITS DES POMMES DE TERRE EN FÉCULE.

Les pommes de terre, qui donnent actuellement les quantités chaque année plus considérables de la fécule que l'agriculture fournit au commerce et à l'industrie, diffèrent beaucoup suivant les terrains ou les variétés, et doivent engager les cultivateurs et les manufacturiers à s'assurer des faits relatifs à cette production.

Parmi le grand nombre d'essais que j'ai faits à cet égard, je citerai seulement les derniers, dont m'avait chargé la Société centrale d'agriculture, à l'occasion de l'examen des cultures comparées de M. Battereau-Danet.

TABLEAU DES PRODUITS COMPARÉS DE PLUSIEURS VARIÉTÉS DE POMMES DE TERRE, À SUPERFICIE CULTIVÉE ÉGALE.

VARIÉTÉS.	1 kilogr. planté a produit	PRODUIT à surface égale de 0a,01.	PROPORTION de la fécule p. 100 kil. de tubercules.	QUANTITÉ de fécule.	DATE de la récolte.	MOIS.
	kil.	kil.				
Rohan.....	58	360	16,60	60 "	25	Octobre.
Grosse jaune.....	37	230	23,26	53,5	19	*Idem.*
Schaw d'Écosse.....	92	200	22	44 "	20	Septembre.
Tardive d'Islande....	56	250	17,2	43,1	19	Octobre.
Ségonzac.....	32	200	20,80	41,6	19	*Idem.*
Sibérie.....	40	250	14	35 "	8	Novembre.
Duvilliers.....	40	250	13,60	34,35	19	Octobre.

Ce tableau montre que, dans les circonstances toutes favorables à la culture de la pomme de terre de Rohan, cette variété serait la plus productive relativement à la quantité totale récoltée et à la substance alimentaire contenue; viendraient ensuite, sous ces mêmes rapports, la grosse jaune, puis la variété dite schaw d'Écosse; que, pour le consommateur fabricant de fécule, par exemple, la grosse jaune occuperait le premier rang; la schaw d'Écosse aurait le second: ce sont aussi les variétés les plus farineuses et celles qui, considérées comme aliment, méritent et obtiennent la préférence parmi les produits des grandes cultures.

Sous les mêmes rapports, la pomme de terre de Rohan ne tiendrait que le quatrième rang, et ne serait plus avantageuse pour le cultivateur s'il s'agissait, soit d'en extraire de la fécule sur lieu, soit de la transporter pour la vendre; car, pour en obtenir un égal produit, il faudrait soumettre au râpage 150 parties au lieu de 100.

ÉTAT ET PROPORTIONS DE LA FÉCULE DANS LES POMMES DE TERRE GELÉES.

Un fait remarquable relatif à l'une de nos plus importantes industries agricoles a depuis longtemps, fixé l'attention des fabricants de fécule. On sait, en effet, que les pommes de terre gelées donnent un produit moindre de quelques centièmes seulement qu'avant leur congélation, tandis qu'*après le dégel on n'en obtient plus que le quart, à peine, de la proportion ordinaire, c'est-à-dire 3 ou 4 au lieu de 15 à 17 pour 100.*

Après avoir examiné attentivement cette grave question par l'analyse comparée, j'ai constaté que la congélation et le dégel n'avaient rien rendu soluble, de même que ces phénomènes n'avaient occasionné aucune déperdition; il fallait chercher ailleurs la cause de la diminution de rendement en fécule. Il me parut probable que l'extraction devait être entravée par quelque difficulté mécanique.

Afin de reconnaître quel arrangement particulier dans la fécule pouvait causer cette perte, je réunis les dépôts féculents des tubercules soumis à la râpe dégelés; ils furent délayés dans l'eau, puis passés sans agitation au travers d'un tamis de soie : la portion restée sur le tamis devant contenir les agglomérations, s'il s'en trouvait, que le frottement eût fait passer au travers du premier tamis : cette fécule, *a*, case 2, planche II, plus grenue, semblait comme feutrée.

Examinée sous un faible grossissement du microscope, ses grains, *b*, parurent réunis en paquets arrondis, dont le diamètre moyen était quatre à cinq fois plus grand que celui des gros grains de fécule, et dont quelques-uns étaient adhérents deux à deux, trois à trois ou en plus grand nombre; placés sous un plus fort grossissement, les grains parurent réunis, dans chaque agglomération, par une membrane plissée entre les saillies que leur protubérance marquait.

Une goutte d'eau introduite entre les lames du porte-objet fit peu à peu gonfler ces sacs membraneux, en s'y introduisant par endosmose; augmentant ainsi la transparence, elle laissa voir distinctement tous les grains de fécule enfermés dans les cellules isolées, ou réunies deux, trois ou quatre ensemble, et qui, soustraites aux pressions latérales supportées dans le tissu, avaient changé leur configuration irrégulière polyédrique en une forme de sphéroïde.

Les figures *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, montrent l'aspect de ces cellules dégagées du tissu : on remarque sous la lettre *c* une cellule isolée ou déchirée, ayant laissé sortir la plus grande partie des grains de fécule qu'elle renfermait.

On voit en *f*, deux cellules également imbibées d'eau adhérentes entre elles, et dont l'une est vidée de la fécule qu'elle contenait.

L'agglomération *g* de trois cellules encore adhérentes par quelques portions de leurs parois montre les déchirures sur les deux premières, dont une a perdu plusieurs grains de fécule.

La pulpe restée sur le tamis après les lavages, examinée au microscope, se composait de cellules, soit groupées en plus ou moins grand nombre, soit isolées, la plupart remplies de fécule et arrondies par la pression intérieure que ne contrebalançait plus la pression extérieure des cellules voisines; enfin la fécule, même tamisée deux fois, contenait encore quelques cellules isolées, globuliformes et remplies de fécule.

Ces observations, concordantes entre elles et avec les expériences comparatives sur la composition des pommes de terre avant et après la congélation, ne pouvaient laisser de doute sur la cause du phénomène, ni sur les déductions à en tirer dans l'intérêt de l'industrie agricole.

On conçoit en effet que, par suite des changements de volume et d'état dans les liquides successivement congelés et dégelés, l'adhérence entre les cellules du tissu interne avait été détruite en même temps et de la même manière que cela avait eu lieu entre les parties corticales et l'épiderme, si facile à séparer des tubercules après le dégel.

La plupart des cellules isolées et des groupes de cellules ayant perdu leur adhérence dans la masse tuberculeuse, elles devaient se séparer sans offrir assez de résistence aux dentures des râpes pour être déchirées.

Le râpage ne devait donc mettre en liberté qu'une petite proportion de la fécule, et celle-ci seule devenait facile à extraire; tout le reste, enfermé dans les utricules isolées ou groupées, demeurait sur les tamis fins avec le résidu pulpeux.

On explique facilement aussi comment les tubercules, traités avant le dégel, donnent, à quelques centièmes près, les mêmes produits qu'avant leur congélation: c'est qu'alors le plus grand nombre de leurs utricules, scellées dans la masse par le liquide solidifié, peuvent résister assez aux dents de la râpe pour être entamées et déchirées par elle.

Enfin, si parfois les pommes de terre gelées sont moins farineuses et plus sucrées, c'est qu'à l'époque avancée de la saison où

ces caractères ont été observés, la végétation des tubercules avait pu, avant la congélation, développer une quantité sensible de diastase capable, comme on le sait, de liquéfier et de saccharifier, pendant la coction, la substance amylacée.

CAUSE DE LA COLORATION BRUNE, DE LA SAVEUR ÂCRE ET DE L'ODEUR VIREUSE DES POMMES DE TERRE DÉGELÉES.

Chacun a pu observer ces caractères que présentent généralement les tubercules après le dégel, et que la cuisson modifie plus ou moins. Je me suis occupé de les constater d'abord dans les tubercules, au moment du dégel et après un temps plus ou moins long, puis de rechercher leurs relations avec les différentes parties des tissus; enfin, d'en déduire les procédés facilement praticables de conserver et d'utiliser les pommes de terre en éliminant ces influences défavorables.

Si l'on coupe un tubercule par un plan perpendiculaire à l'axe de cette tige souterraine, on observera dans la partie centrale plus translucide qu'entoure une rangée de vaisseaux une proportion de fécule moindre de deux à huit pour cent que dans toute la partie corticale plus opaque enveloppant cette rangée de conduits.

La différence dans la proportion de fécule, facile à reconnaître sous le microscope par le nombre de grains de chaque cellule, est d'autant plus grande que les tubercules sont plus aqueux [1]; entre la couche corticale épaisse et l'épiderme, se trouve la médulle externe, colorée en nuances fauves, rougeâtres ou violettes et souvent verdâtres, lorsque les tubercules se sont développés près de la superficie du sol. Ce tissu se montre, sous le microscope, complétement privé de fécule; c'est lui qui renferme, en proportions variables, la plus grande partie des principes colorants, âcres et à odeur vireuse.

[1] Afin d'éviter toute chance d'erreur, on devra donc diviser en totalité plusieurs tubercules lorsqu'on se proposera d'apprécier exactement, par dessiccation ou suivant une méthode analytique quelconque, les influences des variétés des sols, des engrais, des procédés de la culture et des phénomènes météorologiques sur les produits de la pomme de terre.

En effet, si, après avoir séparé l'épiderme, on enlève à la râpe toute la partie sous-jacente colorée jusqu'à la masse blanchâtre de l'écorce, cette pulpe acquiert promptement à l'air une coloration brune; le liquide qui s'en écoule spontanément offre une odeur vireuse et un goût âcre. Ces caractères varient dans différentes pommes de terre, au point d'être à peine sensibles chez les unes, tandis que chez les autres ils sont très-fortement prononcés[1]. Dans les différents procédés de cuisson, les tubercules sains sont débarrassés de la plus grande partie de ces principes; car, exposés, par leur situation sous l'épiderme, à la première et à la plus forte impression de la chaleur, ils sont modifiés ou entraînés en vapeur ou même dissous dans le liquide environnant, s'ils n'ont pas été éliminés mécaniquement par un épluchage préalable.

Il est facile de se rendre compte des effets qu'ils produisent lorsque les tubercules dégelés laissent en contact les liquides de leurs tissus: ces principes, en se répandant alors sans obstacle dans l'intérieur de la masse féculante, lui communiquent les caractères observés.

Quant au caractère acide et au goût putride développés quelques jours après le dégel, ils tiennent aux altérations ordinaires dans les sucs végétaux abandonnés à eux-mêmes; alors les tubercules, en partie colorés en brun, laissent encore apercevoir nettement leurs cellules disloquées et remplies de fécule.

L'application des données positives qui précèdent nous permettra d'indiquer les moyens à employer pour tirer parti des pommes de terre gelées.

Lorsque, dans une féculerie, une partie de l'approvisionnement

[1] La différence entre les proportions de fécule dans la partie centrale et dans l'écorce, ainsi que l'absence de toute substance amylacée dans la médule externe, sont encore décelées par la solution aqueuse d'iode, si l'on y tient quelques instants immergées des tranches minces de la pomme de terre lavées préalablement. L'absence de coloration marque aussi le trajet des vaisseaux; enfin, elle met en évidence des lacunes irrégulières dépourvues de fécule. Les mêmes parties, relativement à certaines variétés violettes, recèlent la matière colorante spéciale qui se retrouve aussi infiltrée dans la médulle externe.

aurait été atteinte par les gelées, on ne saurait trop se hâter de terminer le traitement des tubercules attaqués avant que le dégel arrivât.

Les pommes de terre que l'on n'aurait pu soustraire à la congélation, étendues sur le sol, lavées par les pluies et desséchées spontanément, conserveront la plus grande partie de leur substance alimentaire.

On voit encore que les naturels du pays au Pérou ne perdent rien de la substance solide des mêmes tubercules, lorsque, pour les rendre faciles à conserver et à porter dans leurs excursions, ils les soumettent à la gelée sur les hauteurs, puis à la dessiccation, aux expositions chaudes de leurs vallées et des plaines. Je dois à M. d'Orbigny la connaissance de cette pratique.

Plusieurs autres faits, cités par MM. de Lasteyrie, Vilmorin, Séguier, Bottin, Dailly, Berthier, de Roville, le général Demarçay, etc. viennent à l'appui de ces déductions.

Un procédé, qui nous semblerait facilement applicable dans le plus grand nombre des cas pour conserver les tubercules atteints par la gelée, consisterait à les broyer sans attendre le dégel, dans un moulin à cidre, dans un mortier, ou à l'aide de battes ou de maillets sur un sol dallé.

On les délayerait ensuite dans l'eau; puis, tamisant cette sorte de pulpe dégelée, on en obtiendrait par les moyens usuels la fécule passée et déposée au fond des vases.

Quant à la pulpe restée sur le tamis, pressée, séchée à l'air et ultérieurement broyée à sec, elle donnerait une bonne farine alimentaire, si l'on ne préférait la faire manger aux bestiaux à l'état humide, cuite ou panifiée.

En essayant en petit ce procédé, 100 parties de pommes de terre contenant 19 de fécule ont donné :

1° En fécule passée au tamis de soie.....	9,0	20,5
2° En pulpe séchée.....	11,5	

Les données relatives à la distribution de la fécule dans la masse

tuberculeuse, et aux qualités des différentes couches des tissus, montrent enfin comment une friction énergique, opérée dans les laveurs mécaniques ou manuels avant le râpage, peut enlever une partie de l'épiderme ainsi que la médulle externe, sans rien faire perdre du produit utile, et donner ainsi de la fécule plus blanche et plus pure.

MOYENS D'ESSAYER LES SELS AMMONIACAUX, LES EAUX POTABLES, LES VINAIGRES ET L'ACIDE ACÉTIQUE BLANC PAR L'AMIDON.

L'eau chargée d'ammoniaque n'agit pas sensiblement sur la fécule, tandis que moins d'un centième du poids du liquide en soude ou potasse suffit pour faire gonfler énormément toute la matière organique, au point qu'elle peut occuper alors 70 à 100 fois son volume primitif.

Si donc on met en contact une solution de soude ou de potasse et une solution de sulfate d'ammoniaque, ou de tout autre sel ammoniacal, dans des proportions telles que les deux bases soient exactement équivalentes, à l'instant même la réaction est complète; il n'y a plus de sulfate d'ammoniaque ni de soude ou potasse libre, car le liquide ne conserve aucune action sensible sur la fécule : tandis que 0,02 de l'une des bases fixes employées eussent suffi pour rendre la fécule gélatiforme en faisant gonfler considérablement sa substance organique.

Je suis parvenu à rendre le même réactif cinq fois plus sensible en opérant ainsi :

Après avoir porté au bain-marie la température d'un mélange de 9 parties d'eau et d'une partie de fécule à + 57° centésimaux soutenue pendant dix minutes, on laissa déposer et l'on mit dans deux verres à expériences un égal volume du dépôt.

Alors on prépara une solution de soude pure dans l'eau exempte d'acide carbonique. 11 demi-centimètres cubes de cette solution, à la température de + 15°, donnaient, en les versant à l'aide de l'alcalimètre Gay-Lussac, 64 gouttes, et saturaient très-exactement

50 demi-centimètres cubes d'acide sulfurique normal (contenant 5 d'acide sulfurique pur à 1 équivalent d'eau).

Ainsi donc, en saturant un égal volume d'acide normal avec l'ammoniaque, on se procura une solution de sulfate neutre d'ammoniaque exactement équivalente à 11 demi-centimètres cubes de la solution de soude pure.

Ces deux solutions, mélangées ensemble, donnèrent immédiatement lieu à une réaction complète à froid, car le liquide, versé sur la fécule entr'ouverte, ne détermina pas son gonflement. En ajoutant à un mélange semblable une ou deux gouttes de la solution de soude (c'est-à-dire 65 ou 66 gouttes au lieu de 64), le mélange opéré de même donna un liquide agissant sur la fécule, et lui faisant éprouver le gonflement précité, évidemment dû à l'excès de soude caustique.

Le même phénomène eut lieu en substituant à un cinquantième de la quantité de sulfate d'ammoniaque une quantité équivalente de sulfate de potasse ou de sulfate de soude, avant de mêler les 11 demi-centimètres cubes de la solution de soude; tout autre sel inerte aurait produit le même effet : donc ce moyen peut s'appliquer à déceler les mélanges de sels neutres avec le sulfate d'ammoniaque; à plus forte raison indiquerait-il l'addition qui s'est faite souvent des sels à réaction acide, du bi-sulfate de potasse (sulfate de potasse et d'eau), par exemple.

La fécule portée à 100° dans 100 fois son poids d'eau, refroidie et filtrée, puis bleuie par un léger excès d'iode, devient tellement contractile sous l'influence des sels neutres, qu'elle peut faire distinguer les unes des autres certaines eaux naturelles, notamment les eaux de rivière des eaux de source moins pures, à plus forte raison de la plupart des eaux de puits, et, en général, à reconnaître la présence de faibles proportions de sels neutres ou acides, ou légèrement alcalins.

Ainsi, par exemple, si l'on porte à 100° un gramme de fécule dans 100 grammes d'eau que l'on filtre, puis, si l'on ajoute à la

solution filtrée un très-léger excès d'iode, on aura terminé la préparation du réactif.

Si l'on veut s'en servir pour comparer le degré de pureté relative de plusieurs eaux applicables à certains arts agricoles, aux teintures, à l'économie domestique, on versera dans plusieurs verres à expériences 10 centimètres cubes de ce liquide bleu, puis on ajoutera dans chacun des vases une quantité suffisante des eaux à essayer, pour opérer la séparation de la substance organique bleuie.

L'eau dont il faudra le moindre volume pour produire cette sorte de coagulation sera généralement la plus chargée de sels, quels qu'ils soient, car tous concourent à cet effet.

Il sera bien d'ajouter préalablement à chacune des eaux quelques gouttes d'iode, de manière à leur donner une égale et légère nuance jaunâtre.

On reconnaîtra nettement ainsi les puretés relatives des eaux distillées, de Seine, de l'Ourcq, des puits, etc.

L'eau de Seine, clarifiée par un demi-millième d'alun, se distinguera immédiatement de l'eau simplement filtrée, et ce mode d'essai pourrait être tout à fait usuel dans les marchés relatifs aux distributions d'eau.

Un troisième mode d'action sur la même substance organique permet de démontrer directement certaines falsifications du vinaigre, et notamment celles qui ont lieu par l'addition de l'acide sulfurique, ou des acides azotique ou chlorhydrique[1].

Voici comment on peut très-facilement faire cette épreuve :

Que l'on mette dans une fiole 1 gramme de fécule et 100 centimètres cubes d'un vinaigre de vin, de grains ou de cidre;

Que dans un mélange semblable on ajoute un demi-centième d'acide sulfurique, puis que l'on porte à 100° les deux liquides en les agitant;

[1] Je me suis assuré que le même phénomène de dissolution complète est produit par l'acide tartrique, privé, au moyen de la baryte, de l'acide sulfurique, qui l'accompagne toujours dans les acides commerciaux.

Le premier conservera, après une ébullition soutenue pendant vingt minutes, une opacité lactescente, tandis que le second aura acquis, dès les premiers moments de l'ébullition, une transparence qu'il conservera indéfiniment. Ce dernier, même après 30 à 45 minutes d'ébullition, prendra une nuance bleue ou violette foncée, lorsqu'après l'avoir laissé refroidir on y versera de la solution d'iode. Chauffé pendant 30 minutes à la même température, le premier liquide ne donnera aucune coloration par l'iode.

APPLICATIONS PRINCIPALES DES FÉCULES, DE LA DEXTRINE ET DU SUCRE D'AMIDON (GLUCOSE).

1° Amidon à l'état normal : fécule des pommes de terre, amidon des céréales, fécules exotiques.

La fécule s'emploie directement dans la panification : 10 à 15 centièmes ajoutés aux farines, surtout à celles de deuxième qualité, rendent les produits plus blancs; cette application est d'un grand intérêt, car elle offre une garantie contre les disettes de pain.

Dans le collage des papiers à la cuve, elle répartit mieux le savon d'abord et ensuite la *résine* précipitée; elle blanchit la pâte.

La fécule sert à donner de l'apprêt aux tissus de chanvre, de lin et de coton blanchis; on en fait usage pour l'essai des sels ammoniacaux et de l'acide acétique. (Voyez p. 198.)

On l'emploie dans la préparation de divers produits alimentaires; l'amidon des céréales est fréquemment appliqué à l'état *cru* pour former les apprêts blancs ou azurés des tissus, sparteries, etc. Il sert à la confection des empois fins, à l'épaississement des mordants.

Les fécules exotiques, ainsi que celles des batates, qui n'ont pas de saveur particulière, sont fort en usage, pour obtenir des potages légers, faciles à rendre agréables au goût.

Une grande partie des quantités de fécule extraites chaque année des pommes de terre sont livrées, à l'état humide ou sec, aux fabricants de dextrine, de sirops et de glucose solide.

2° Fécule transformée en dextrine.

La fécule des pommes de terre est rendue soluble, en conservant sa forme granuleuse et presque toute sa blancheur, à l'aide d'un procédé dont j'ai pu indiquer les effets dans le laboratoire, et que M. Jacob d'abord, mais surtout MM. Heuzé, propriétaires du brevet d'invention, sont parvenus à rendre manufacturier. Il consiste à imprégner la fécule de 0,0025 d'acide azotique, que l'on étend préalablement de 200 volumes d'eau; on fait dessécher ce mélange, et l'on porte la température à 110 ou 125° pendant une heure environ : la minime portion, $\frac{1}{400}$, d'acide alors concentré et disséminé entre les couches de la fécule, opère une désagrégation telle, que la substance amylacée se peut ensuite gonfler et dissoudre dans l'eau froide. Elle reçoit actuellement une foule d'applications économiques.

C'est ainsi qu'on l'emploie avec les mordants et pour l'épaississement des diverses couleurs d'application, sur les toiles peintes; dans le gommage et les apprêts des indiennes de belle qualité, comme pour les impressions sur les tissus de laine, elle ne charge point les fonds et n'altère pas les nuances; elle sert à composer les bains gommeux d'impression sur soie.

Le fonçage et la fixation des couleurs des papiers peints et des estampes coloriées, le vernissage provisoire des peintures à l'huile, sont autant d'applications économiques dans lesquelles la dextrine peut remplacer encore les *gommes exotiques*.

Employée pour confectionner des appareils qui maintiennent les fractures réduites, elle offre une des applications les plus importantes dans l'intérêt de l'humanité.

EMPLOI DE LA DEXTRINE DANS LA CHIRURGIE.

Depuis longtemps les chirurgiens s'étaient préoccupés des moyens de réaliser les effets avantageux des appareils inamovibles inventés par notre célèbre chirurgien militaire, M. Larrey. M. Velpeau, plus particulièrement, cherchait à remédier aux inconvénients reprochés même à la modification, heureuse d'ailleurs, due à M. Seutin, de Bruxelles; il demandait aux chimistes une substance adhésive, facile à conserver, peu dispendieuse, prompte à préparer, susceptible de s'étendre sur des bandes de toile, soluble dans l'eau mêlée avec 0,5 d'alcool, afin que la dessiccation et la consolidation du bandage fussent rapides, redissoluble dans l'eau froide ou tiède, de façon à faciliter la levée partielle de l'appareil.... Il me fut facile de répondre au savant praticien qu'il venait précisément d'énumérer les propriétés de la dextrine, et que cette substance blanche et pulvérulente, depuis peu de temps mise sous cette forme dans le commerce, remplirait probablement toutes les conditions exigées, sans que son prix dépassât celui de l'amidon des céréales employé par M. Seutin.

Les expériences de M. Velpeau offrirent les plus favorables résultats, et la firent admettre dans le service des hôpitaux, notamment à la Charité, puis à l'Hôtel-Dieu : l'usage ne tarda point à s'en répandre dans la pratique civile parmi les classes aisées. On le comprendra sans peine, si l'on songe que les bandages à la dextrine, légers et solides, maintiennent si bien les membres fracturés sur lesquels ils se moulent, en les enveloppant, que les blessés ne sont plus contraints de garder une position fixe, toujours extrêmement pénible; que, loin de là, un peu de mouvement au bout de quelques jours est utile pour conserver la force, hâter la consolidation, éviter des excoriations et divers accidents.

S'il y a convenance, pendant le traitement, de débrider une

partie ou la totalité du bandage, il suffit de mouiller avec de l'eau tiède : on enlève les bandes, qu'on peut remplacer par d'autres enduites de dextrine, et que l'on serre moins, à volonté.

M. Félix Darcet, interne dans le service de M. Velpeau, a disposé un petit appareil fort commode pour *dextriner* les bandes ; il permet de préparer ainsi et d'enrouler, une longueur de 12 mètres en 3 minutes, au lieu de 20 qu'exigeait le *dextrinage* à la main.

On emplit une petite mesure en fer-blanc qui contient 100 grammes de dextrine ; on la verse dans un bol ou une terrine, et l'on y ajoute 60 grammes d'eau-de-vie camphrée ordinaire, qui se trouve immédiatement dosée, en remplissant de ce liquide la portion de la double mesure sur laquelle est écrit le mot ALCOOL.

On délaye la dextrine très-vite et facilement, car elle ne s'hydrate que peu à peu, en enlevant de l'eau à l'*alcool* : au bout de quelques minutes le mélange acquiert la consistance du miel ; on y ajoute 40 grammes d'eau, que l'on obtient en remplissant la portion de la double mesure étiquettée EAU : on malaxe bien, et la substance est prête.

Versée dans l'auge du petit appareil, on y plonge la bande ; celle-ci est aussitôt enroulée sur un petit cylindre à manivelle, et le rouleau dextriné, prêt à servir, s'enlève. Voici les doses de dextrine sèche relatives aux différentes fractures :

Pour une fracture de la clavicule	400 grammes.
——— de la cuisse. .	300
——— de la jambe. .	200
——— de l'avant-bras	150

Ces bandes adhésives, si faciles à préparer et à fixer ainsi, sont fréquemment employées pour rapprocher les bords des petites plaies, et les mettre à l'abri de l'air ou des frottements accidentels.

Elle sert à une foule d'usages pour lesquels elle offre une matière mucilagineuse ou collante, que l'on prépare à l'instant en la délayant à froid dans l'eau, et qui reste imputrescible.

SUCRE D'AMIDON.

Obtenu aujourd'hui sous formes de sirops ou de pains solides et blancs, il s'emploie en quantités considérables, non-seulement comme matière première des distilleries, mais encore et surtout pour compléter, dans les vins faibles ou légers, la proportion d'alcool utile à leur conservation. La fabrication des bières blanches est rendue très-facile par l'usage de ce sucre, qui commence à s'étendre à l'amélioration des cidres. Depuis deux ans, il s'en exporte des quantités considérables de France pour l'Angleterre.

Les nombreuses applications de la *dextrine*, de la *glucose* et des *sirops* de *fécule* ont plus que doublé, depuis un an, la fabrication de ces produits; elles ont donné à l'industrie agricole qui s'y rattache une impulsion qui doit graduellement la généraliser en France.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

FÉCULE DES POMMES DE TERRE.

Case 1, fig. *a*, *b*. Grains fendillés spontanément pendant la maturation des tubercules; fig. *a'*, *c*, *d*, grains offrant un ou deux hiles; *d'*, grains soudés formant un grain double.

Case 2. Grains desséchés à + 150 degrés vus dans l'alcool, montrant dans l'intérieur des hiles évasés, les lignes des couches concentriques d'accroissement.

Case 3; *p*, *q*, *r*, *s*, *t*. Même fécule éprouvant par degrés une dilatation, des fractures et une dissolution partielle dans l'eau.

Case 4, *b*, *c*, *d*, *e*. Grains de la même fécule mise dans l'eau, s'hydratant sans se dissoudre.

Fig. *f*. Un de ces grains attaqué dans le hile, par la solution alcaline à 0,01 de soude, qui gonfle ensuite rapidement toutes les parties sous les formes *f'*, *g'*, *h* et *h'*.

Un gonflement graduel plus uniforme a lieu en faisant réagir la même solution sur la fécule normale : c'est ce que montrent les transformations successives des grains et de leurs fragments, planche II.

Autour de la lettre *a*, quatre grains, dont un double, desséchés à 200° centésimaux, vus dans l'alcool.

PLANCHE II.

FÉCULE DES POMMES DE TERRE.

Fig. *a*, *a'*, *a''*. Fécule à l'état normal, *a''*, *b*. Grains *étoilés* ou fendillés dans les tubercules venus lentement à maturité complète. *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*. Grains du même tubercule rompus en deux

ou plusieurs fragments par la pression et dans l'eau : la matière interne reste solide.

Fig. *k*, *l*, *m*. Fragments gonflés dans toutes leurs parties par une solution contenant 0,01 de soude. *n*, *o*, *p*. Grains entiers sous l'influence de la même réaction.

Case 2. Cellules dissociées d'un tubercule de pommes de terre dégelé; *a*, substance interne du tubercule vue à l'œil nu; *b*, la même observée sous une forte loupe : au microscope elle offre les autres figures suivantes : *e*, cellule intacte; *c*, cellule déchirée et plissée, ayant perdu la plus grande partie de ses grains de fécule vue à sec; *d*, cellule remplie de fécule, également vue sans eau; *f*, deux cellules adhérentes dont une est vide; *g*, agglomération de trois cellules ayant encore quelques points d'adhérence : deux sont entr'ouvertes.

PLANCHE III.

AMIDON DE LA RACINE DE COLOMBO (*MENISPERMUM PALMATUM*).

Case 1. Amidon à l'état normal.

Case 2. Le même dont le hile a été ouvert par un retrait opéré à 200° centésimaux.

Case 3. Amidon chauffé à 200° : les grains sont attaqués extérieurement par la guttule d'eau déposée après l'évaporation de l'alcool; l'un d'eux, *s'*, est graduellement plus hydraté.

Case 4. Les mêmes exfoliés par l'eau légèrement alcoolisée, et teints en violet par l'iode.

Case 5. Grains d'amidon en partie dépouillés des couches externes par la végétation d'un tubercule de pommes de terre.

Case 6. Mêmes grains chauffés à 200°, vus dans l'alcool.

Case 7. Les mêmes attaqués à l'extérieur par la guttule d'eau déposée après l'évaporation spontanée de l'alcool.

Case 8. Mêmes grains *exfoliés* par l'eau alcoolisée, puis teints par l'iode.

Case 9. Deuxième exemple de fécule de pomme de terre désagrégée, et se réagrégeant en granules par suite d'un arrêt de végétation du tubercule.

PLANCHE IV.

FORMES ET DIMENSIONS DE L'AMIDON DE DIVERSES PLANTES.

Fig. 1. Fécule du *canna gigantea*; *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, grains à l'état normal; *f*, *g*, grains graduellement exfoliés par la végétation qui épuise les vieux rhizomes.

Fig. 2. Fécule du *maranta arundinacea* : *a*, *b*, *c*, grains à l'état normal; *f*, *g*, grains exfoliés comme ci-dessus; *g*, couche externe séparée d'un grain par pression.

Fig. 3. Amidon des cotylédons des fèves; en *a*, *a'*, *b*, *b'*, *c* et *c'*, on voit un grain sous deux positions montrant la dépression médiane canaliculée.

Fig. 4. Fécule des tubercules d'*oxalis crenata*.

Fig. 5. Grains détachés, et, figure 6, grains agglomérés de la moelle du *cycas circinalis*.

Fig. 7. Amidon de blé : de *a*, en *a'* et *a''* un grain sous trois positions.

Fig. 8. Même amidon, où le hile est rendu apparent par la température de 220° (vu dans l'alcool).

Fig. 9. Le même, attaqué par l'eau laissée après l'évaporation de l'alcool.

Fig. 9'. Le même gonflé, puis exfolié par l'eau.

Fig. 10. Fécule de sagou rosé du commerce.

Fig. 11. Fécule de sagou blanc, dont les altérations annoncent qu'une température plus élevée en présence de plus d'eau a été employée dans sa préparation.

Fig. 12. Fécule d'une bulbe de jacinthe.

Fig. 13. La même s'exfoliant dans une vieille écaille.

Fig. 14. Fécule des batates.

Fig. 15. La même chauffée à 200°.

Fig. 16. La même commençant à s'hydrater.

Fig. 17. Fécule d'*orchis bifolia*.

Fig. 18. Fécule d'*orchis latifolia*.

Fig. 19. Grains de fécule d'un tubercule de pommes de terre dont on a arrêté la végétation, et granules se formant aux dépens des gros grains qui se désagrégent; granules plus dé-

veloppés dont plusieurs sont adhérents deux à deux, et d'autres attaqués dans le hile par une solution à 0,005 de soude, qui, gonflant seulement la substance amylacée intérieure, lui fait faire hernie au dehors.

Fig. 20. Amidon de maïs. Grains enchâssés et soudés dans les parties cornées du périsperme; *a*, *b*, grains isolés de la partie farineuse.

Fig. 21. Fécule du *cactus peruvianus*.

Fig. 22. Amidon du sorgho rouge.

Fig. 23. Amidon des graines d'*aponogetum distachyum*.

Fig. 24. Le même, gonflé par la solution de soude.

Fig. 25. Amidon du *cactus pereskia grandiflora*.

Fig. 26. Fécule du *cactus brasiliensis*.

Fig. 27. Amidon du fruit du *panicum italicum*.

Fig. 28. Fécule du *cactus flagelliformis*.

Fig. 29. Amidon de l'*echinocactus erinaceus*.

Fig. 30. Fécule du *cactus opuntia tuna*.

Fig. 31. Fécule du *cactus carassavicus*.

Fig. 32. Fécule du *cactus opuntia ficus-indica*.

Fig. 33. Amidon du millet (*panicum miliaceum*).
On voit au-dessous quatre grains gonflés par la solution de soude.

Fig. 34. Fécule du *cactus mamillaria discolor*.

Fig. 35. Amidon de l'écorce de l'*aylanthus glandulosa*.

Fig. 36. Fécule du panais.

Fig. 37. Fécule du *cactus serpentinus*.

Fig. 38. Fécule du *cactus monstruosus*.

Fig. 39. Amidon de la graine de betterave.

Fig. 40. Amidon de la graine du *chenopodium quinoa*.
Les dimensions de toutes les fécules de cette planche sont comparables, depuis celles du *canna gigantea*, ayant au maximum 185 millièmes de millimètre (comme des fécules les plus grosses des pommes de terre et de la racine du Colombo), jusqu'à l'amidon de la graine du *chenopodium quinoa*, ayant au plus deux millièmes de millimètre.

PLANCHE V.

FÉCULE DU *CANNA DISCOLOR* ET RÉACTION DE LA DIASTASE.

Case 1, fig. *a*, *a'*, *a''*, *b*, *d*. Grains chauffés à 160, 200 et 210° centésimaux, vus dans l'alcool. (Voyez cette fécule à l'état normale et ses grains écrasés, pl. VI, cases 4 et 5.)

Fig. *c*, *c*, *c*. Même fécule se gonflant dans l'eau après avoir été chauffée à 160°, et montrant sur chaque grain le hile entr'ouvert.

Fig. *e*. Même fécule d'abord chauffée à 200°, puis plongée dans l'alcool : l'évaporation, en déposant un peu d'eau sur chaque grain, a fait dissoudre une partie de la couche externe.

Fig. *f*, *f'*, *f''*. Grains de la fécule du *canna discolor*, d'abord chauffés à + 205°, s'exfoliant dans l'eau (on les a colorés par l'iode, afin de mieux montrer les couches minces développées).

Case 2, A. Deux grains hydratés et gonflés dans l'eau à + 90°; A', A', grains traités de même, puis bleuis par l'iode.

Dès que les grains hydratés et chauffés de + 70° à + 80° sont touchés par la diastase, ils se désagrégent, toutes leurs formes disparaissent, et, alors mis en contact avec l'iode, le liquide donne une nuance violette B, puis vineuse B', puis très-faible B'', puis enfin presque nulle B''', après trois heures de réaction.

PLANCHE VI.

FÉCULE DES LIS.

Case 1. Fécule de lis à l'état normal.

Case 2. La même, chauffée à 200°, vue dans l'alcool, hile rendu apparent; *a*, *a'* même grain dans deux positions.

Case 3. Grains d'abord hydratés par évaporation de l'alcool aqueux, puis exfoliés en tuniques ou enveloppes concentriques.

Case 4. Fécule du *canna discolor* normale.

Case 5. Même fécule rompue ou écrasée entre deux lames de verre:

les grains *a*, *b*, seulement fendus; en *c* et *c'*, même grain sous deux positions; *e*, grain rompu en trois parties et entr'ouvert; *d* et *d'*, grains plus aplatis montrant l'espèce de ductilité de cette fécule.

PLANCHE VII.

FÉCULE DES POMMES DE TERRE, AMIDONS DU *CHARA* ET DES POIS.

Case 1, *a*, *b*, *c*. Fécule de pommes de terre (chauffée à + 200°) dont la première couche externe a été attaquée, puis dissoute par la guttule d'eau que l'évaporation de l'alcool a laissée sur chaque grain; *d*, *e*, *f*, mêmes grains *exfoliés* par l'eau plus ou moins alcoolisée, et dont deux, *e*, *f*, sont colorés par l'iode.

Case 2. Amidon dans le suc du *Chara hispida*.

Case 3. Amidon dans les articulations.

Case 4. Amidon des *graines* du même *Chara*.

Case 5. Le même fendillé ou écrasé par pression.

Case 6. Amidon des pois : 1° *a*, *a'*; 2° *b*, *b'*, *b''*; 3° *c*, *c'*, *c''*; 4° *d*, *d'*, *d''*; même grain, vu sous deux, trois ou quatre positions, montrant la dépression qui fit supposer un hile longitudinal; *e*, *f*, deux grains cassés suivant la ligne de cette dépression.

Case 7. Même amidon chauffé à 220° centisémaux, vu dans l'alcool, le hile devenu apparent.

Case 8. Amidon des pois gonflé par la solution de soude : les deux premières figures montrent le même grain dans deux positions.

Case 9. Grains hydratés dans l'eau bouillante.

Case 10. Grains de la case 7 s'exfoliant et se gonflant par degrés après l'évaporation de l'alcool.

PLANCHE VIII.

AMIDON DES POLLENS.

Case 1, figures *a*, *a'*. Grain de pollen du *Ruppia maritima*, vu à l'état

normal sous deux positions; figures *d*, *d'*, *e*, même pollen comprimé laissant voir les qualités variables d'amidon qu'il renferme avec sa fovilla. Figures *b*, *c*, granules d'amidon sortis d'un grain de pollen déchiré. Figure *f*, *f'*, pollen lançant au dehors ses granules d'amidon gonflés par une solution contenant 0,01 de soude.

Case 2. Pollen du *Naïas major*, contenant des dépôts plus ou moins abondants d'amidon. On voit, au-dessous, des granules amylacés sortis de ce pollen.

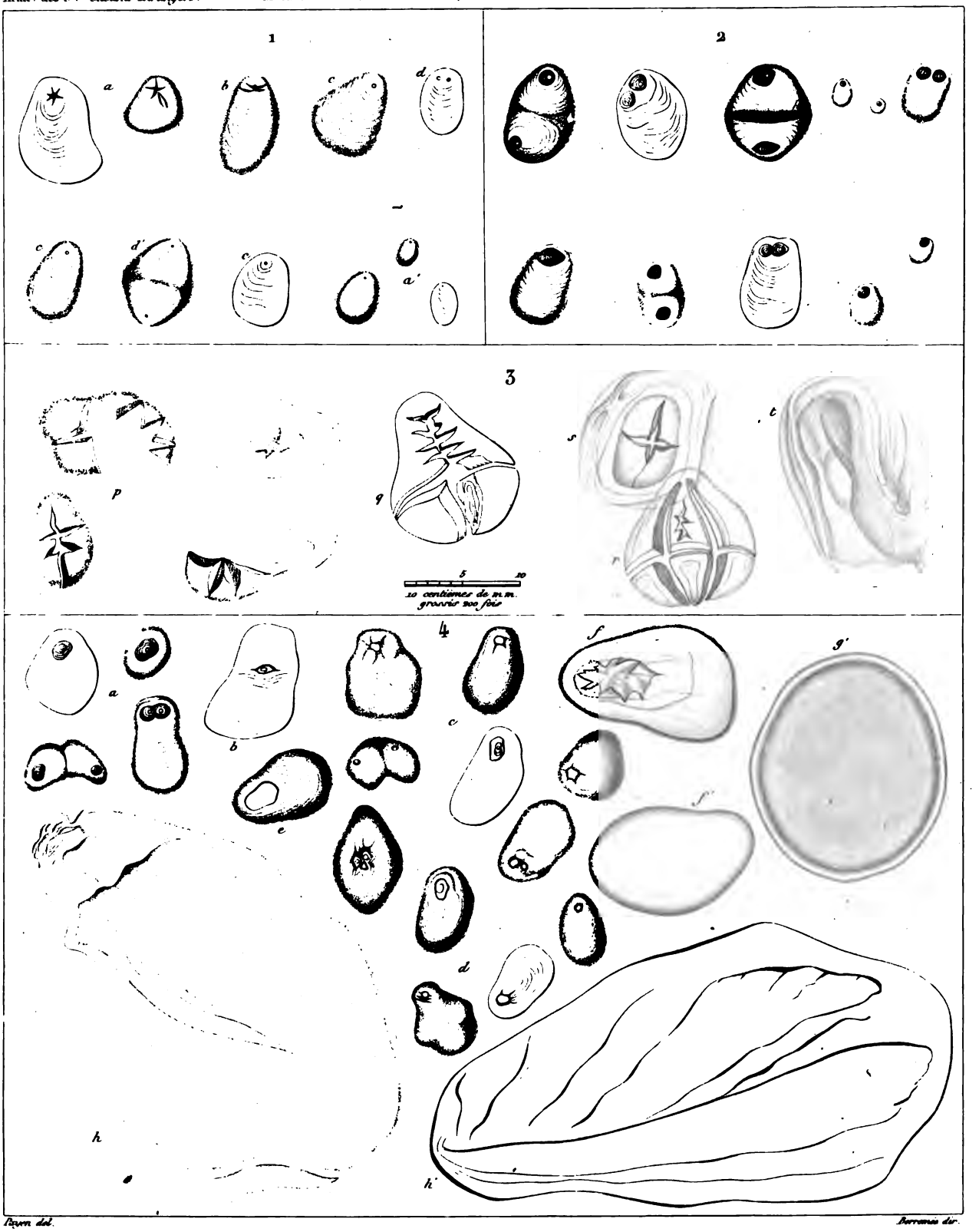
Case 3. Mêmes granules gonflés par la solution de soude.

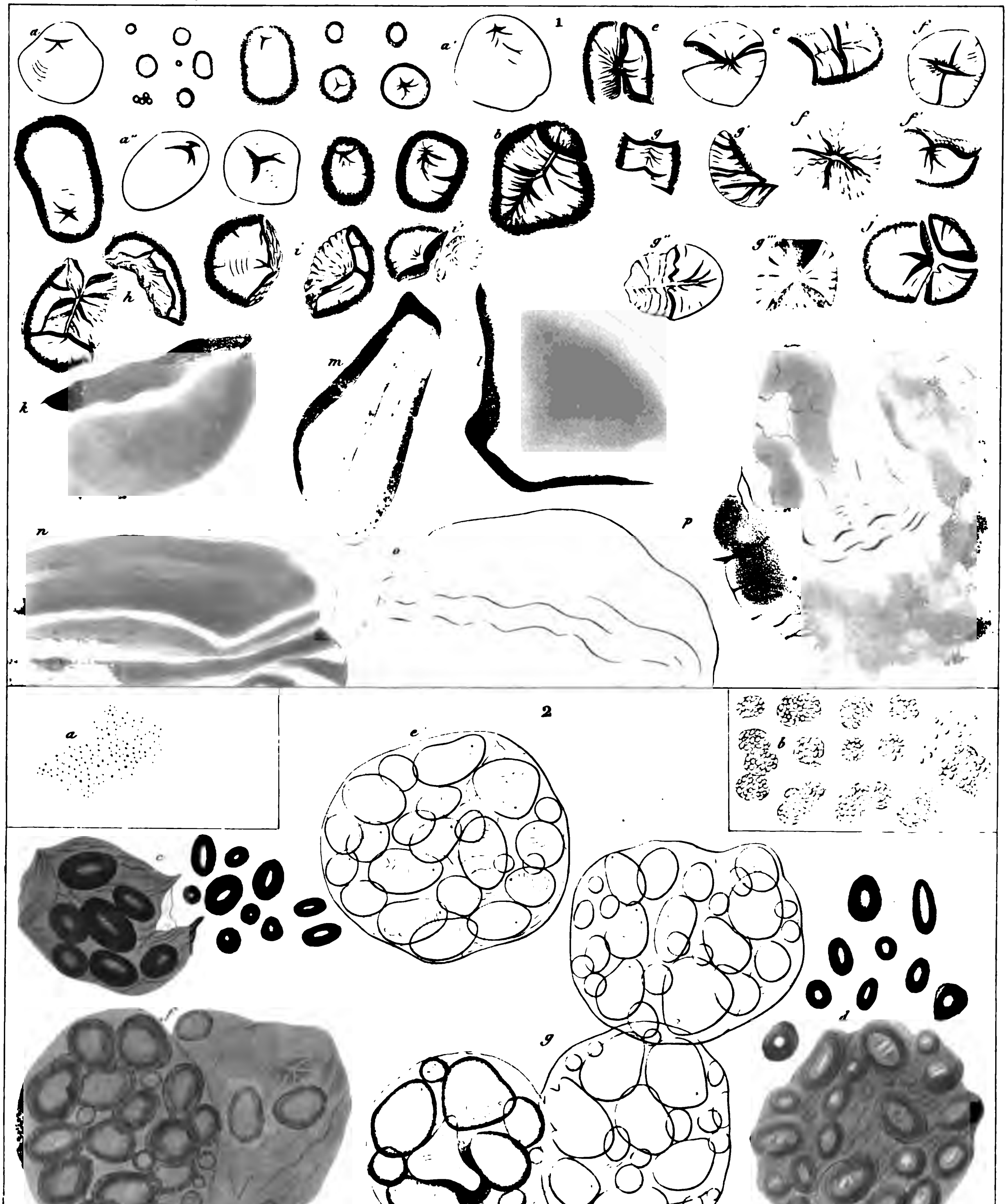
Case 4. Amidon d'une graine de *Naïas major* à demi développée.

Case 5. Amidon de la même graine venue à maturité.

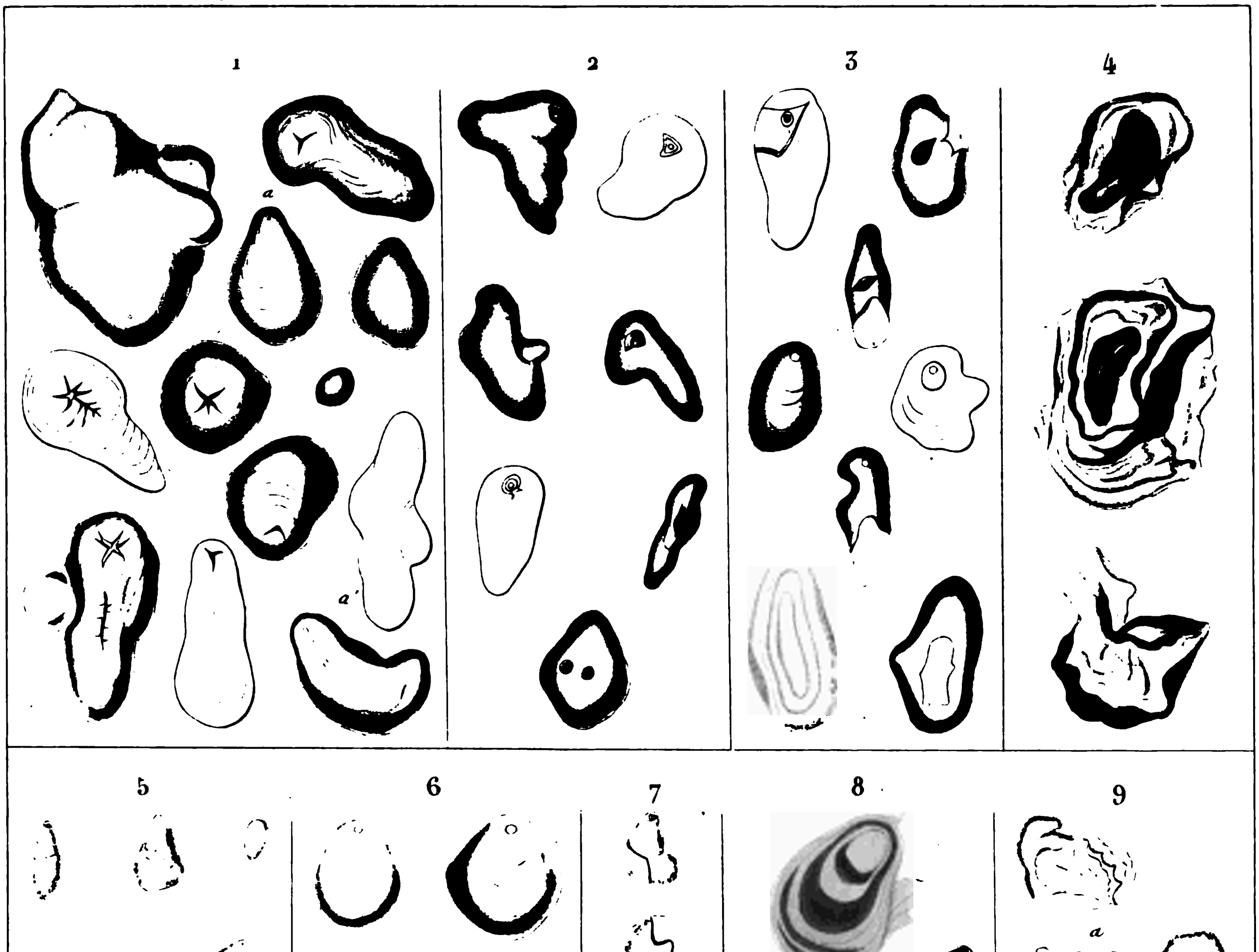
Case 6. Même amidon gonflé par la soude.

Case 7. Pollen du *Globba nutans*; *c*, jeune grain ne contenant pas encore d'amidon; *c'*, grain plus gros, à demi rempli d'amidon, mêlé de fovilla; *c''*, gros grain rempli d'amidon; *d*, grain de pollen faisant une explosion spontanée dans l'eau: les granules d'amidon *a*, *b*, qui sortent en tourbillonnant avec la fovilla, sont indiqués bleuis par l'iode sur la moitié inférieure de cette figure; *e*, grain de pollen rempli d'amidon et teint par l'iode; *f*, le même, gonflé par la solution de soude à 0,01, ayant chassé son enveloppe *f'*; *g*, même grain, plus gonflé, ayant brisé sa première enveloppe; *b''*, granules d'amidon du même pollen gonflés au maximum par la soude à 0,01; *b'*, mêmes grains bleuis par l'iode.

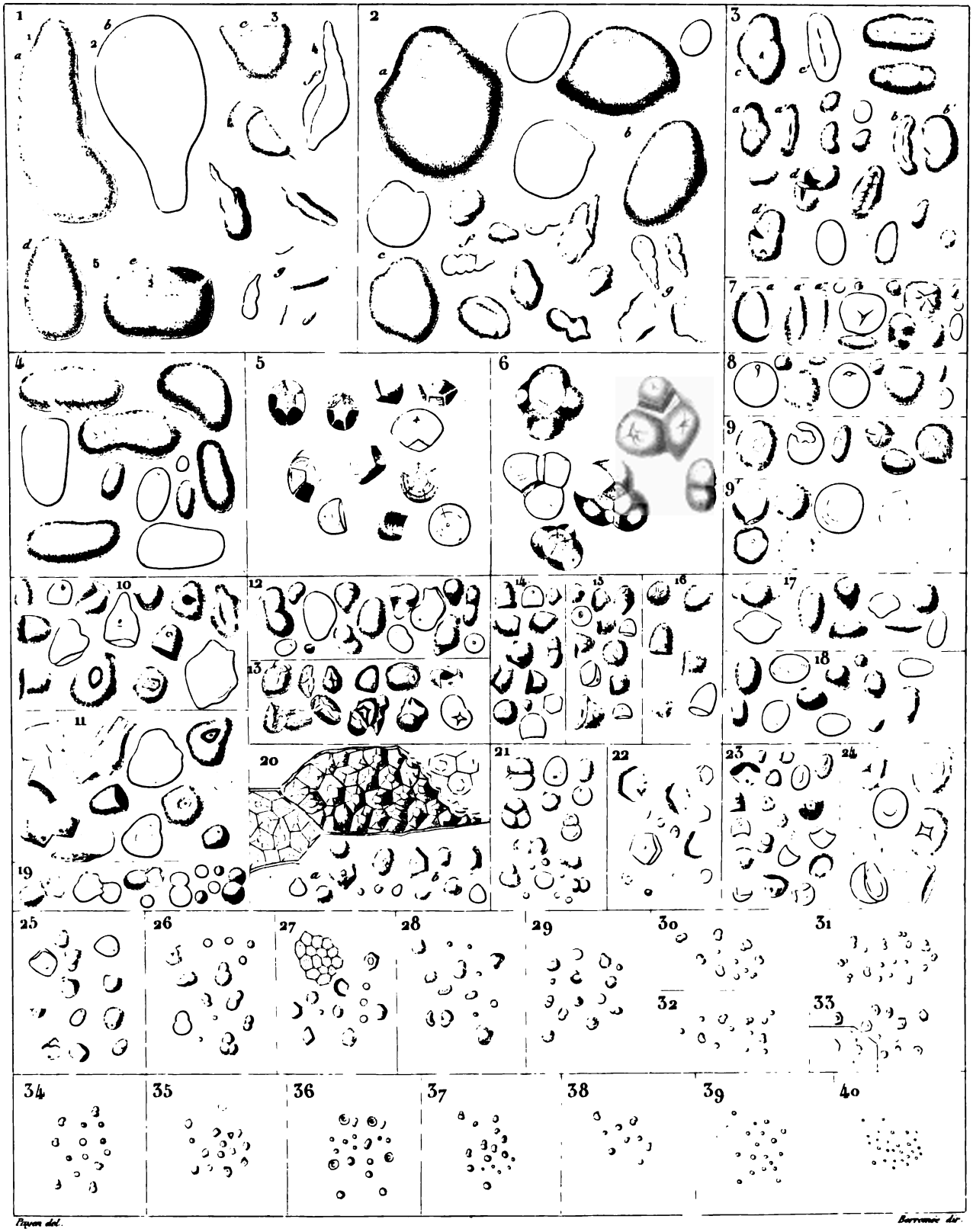

1
a
b
c
d
c'
d'
e
a'
2
3
p
q
5
10
10 centièmes de m.m.
grossis 200 fois
s
t
r
4
a
b
c
d
e
f
g
f'
g'
h
h'



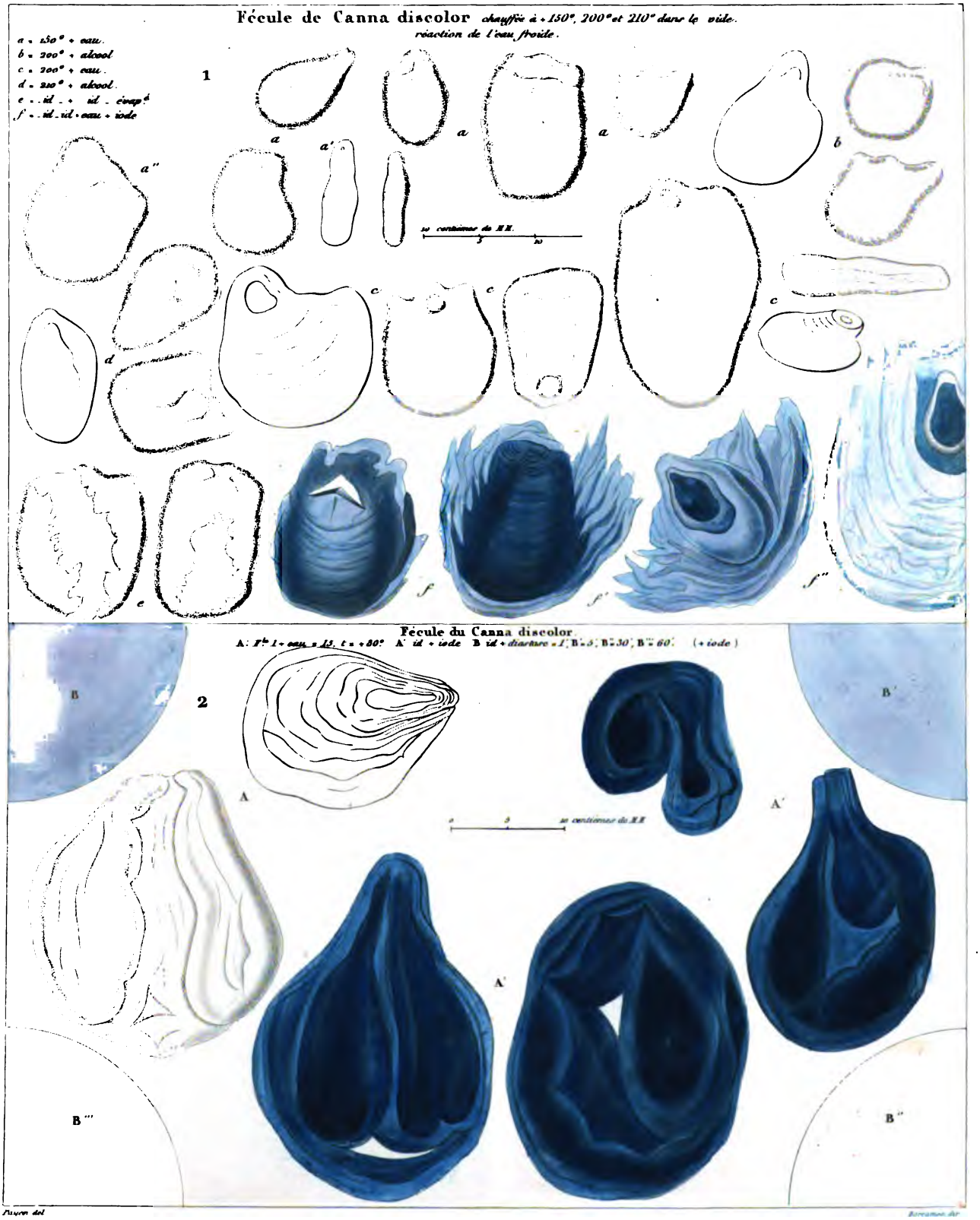
Payen del. Borromée dir.

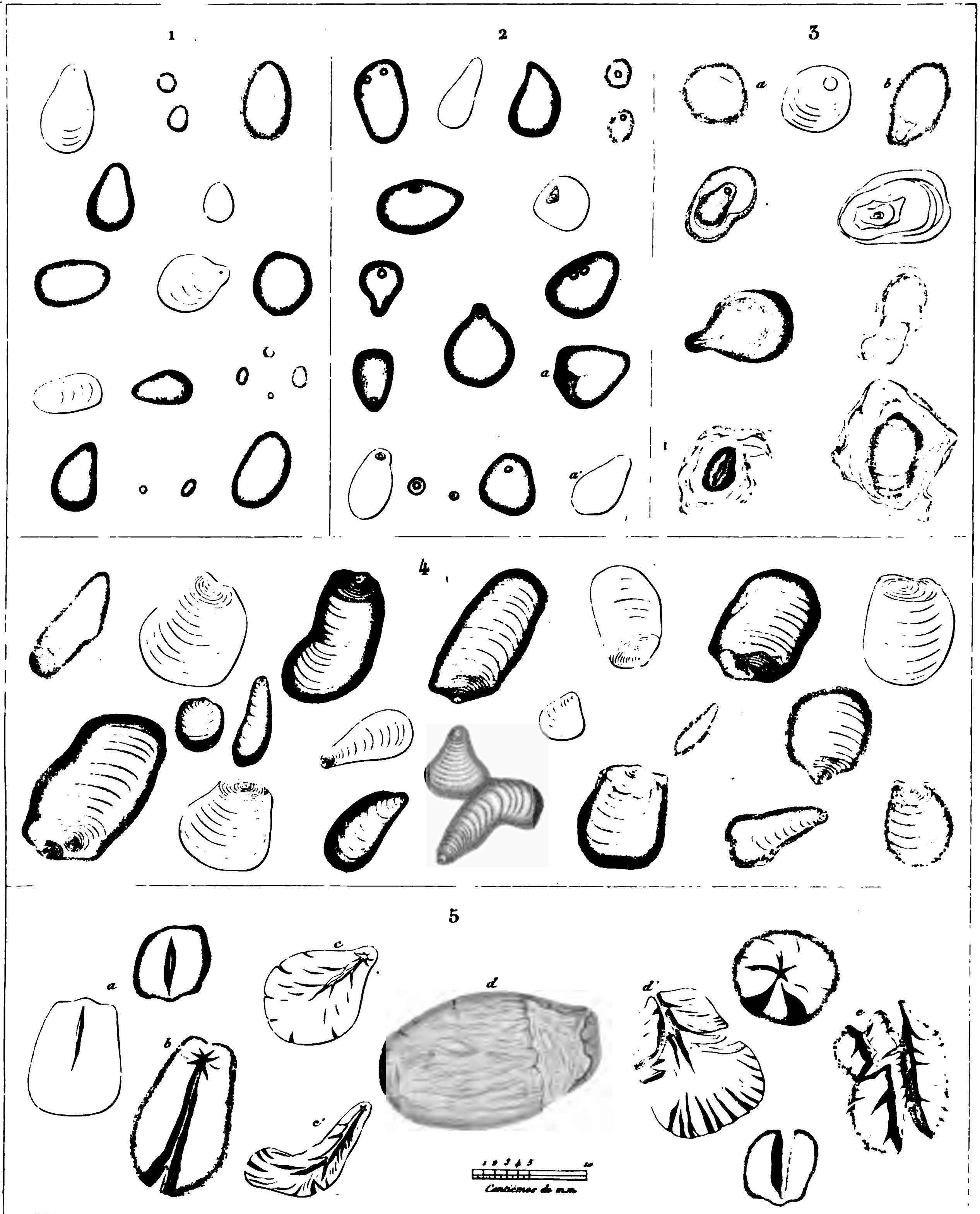


Payen del. Barremie dir.

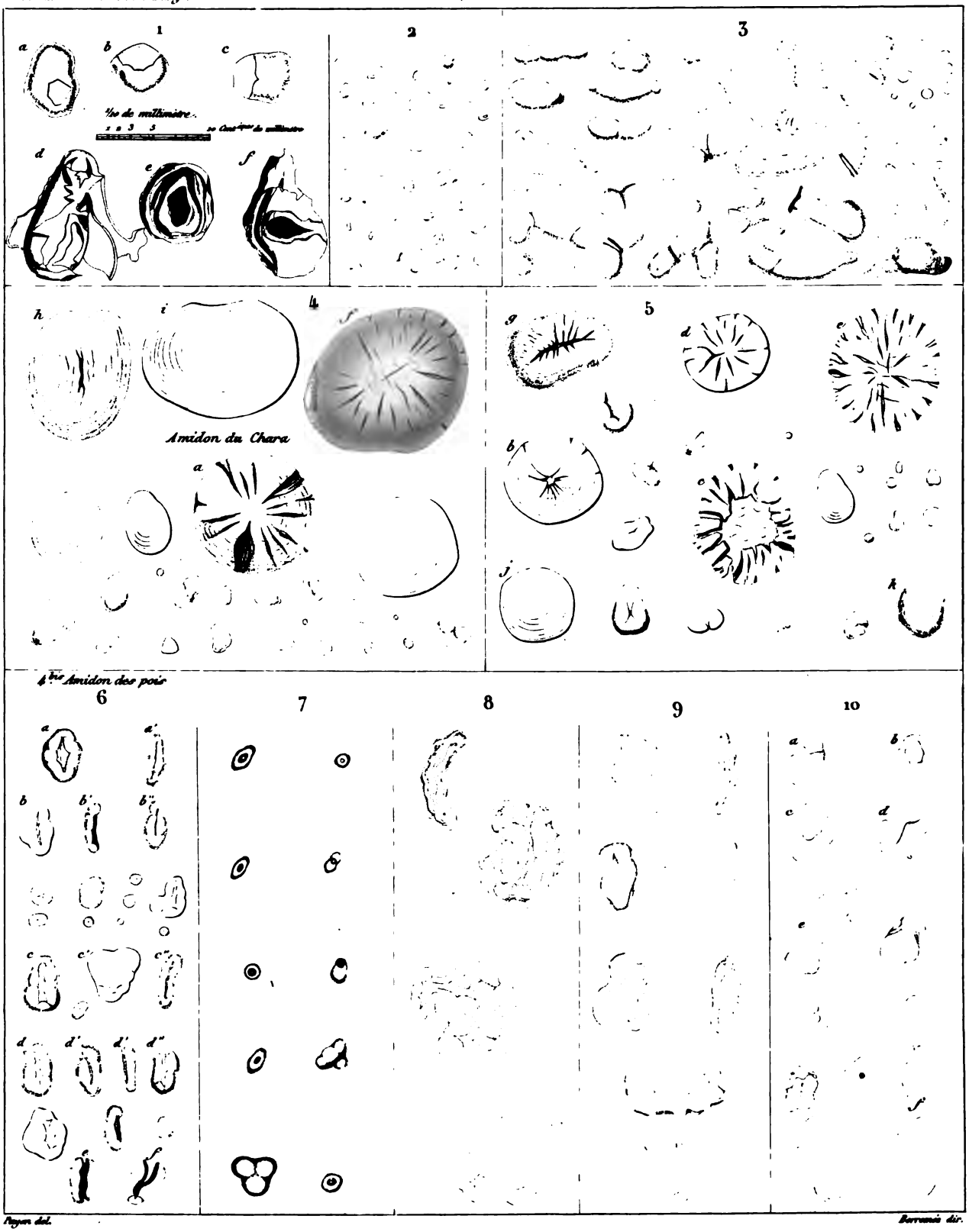


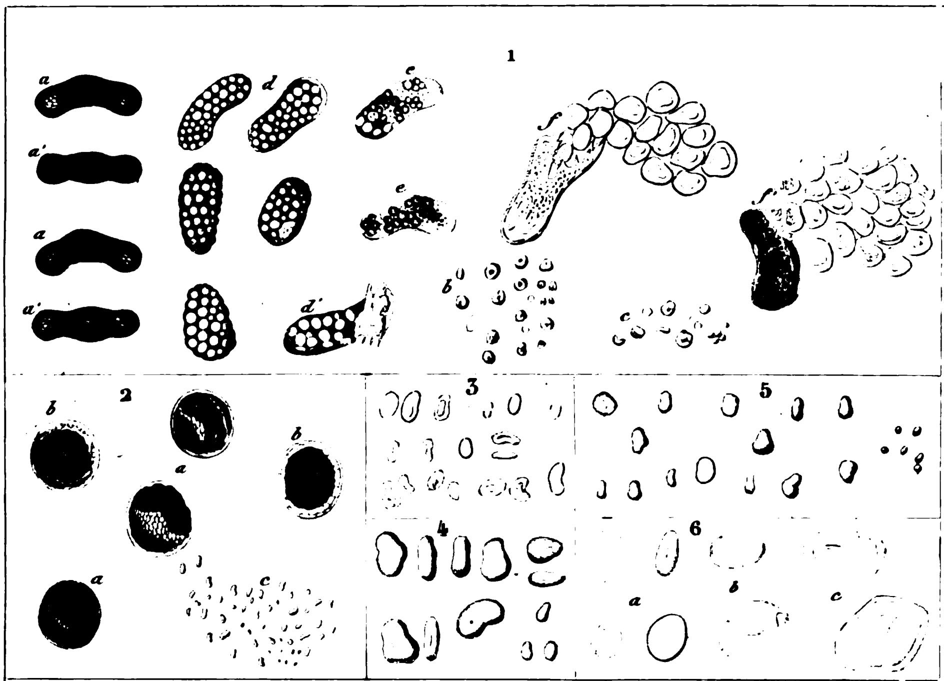
Payen del. Barreswil dir.


Fécule de Canna discolor chauffée à +150°, 200° et 210° dans le vide.
réaction de l'eau froide.
a = 150° + eau.
b = 200° + alcool
c = 200° + eau.
d = 210° + alcool.
e = id. + id. évap.t
f = id. id. + eau + iode
1
a
a'
a''
b
c
d
e
f
f'
f''
10 centièmes de MM.
Fécule du Canna discolor.
A: F.te 1 + eau = 15. t = +80° A' id + iode B id + diastase = 1'; B' = 5'; B'' = 30'; B''' = 60'. (+ iode)
2
A
A'
B
B'
B''
B'''



Payen del. Borromée dir.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Amidon du Chara
4bis Amidon des pois



Amidon

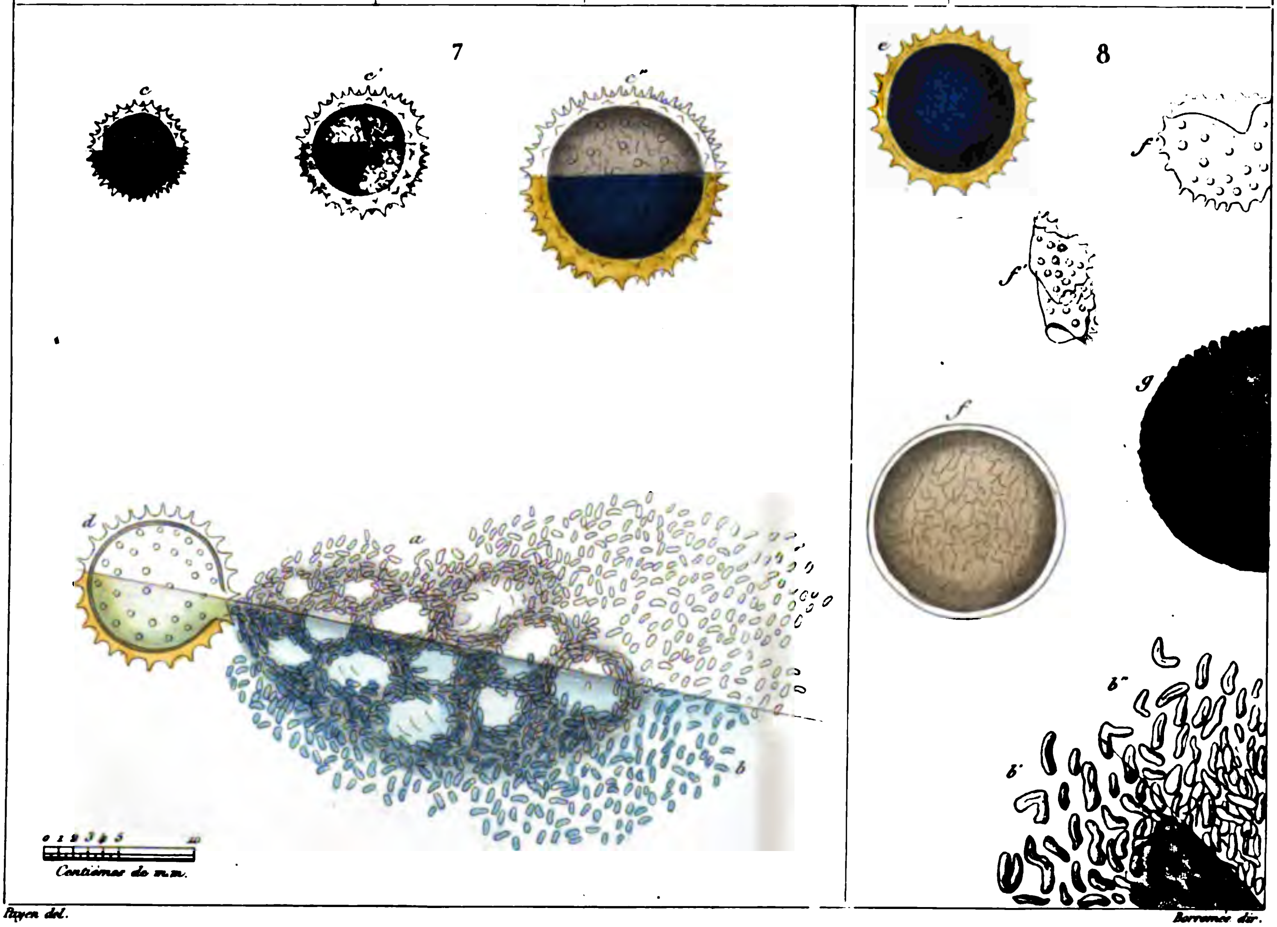
contenu dans le

Pollen.

1. Grains de Pollen du Ruppia maritima.

2. Pollen du Naïas major.

7. Pollen du Globba nutans.



MÉMOIRE

SUR

LES DÉVELOPPEMENTS DES VÉGÉTAUX;

ÉTATS DIFFÉRENTS D'AGRÉGATION

DU TISSU DES PLANTES;

ARACTÈRES DISTINCTIFS ENTRE LES MEMBRANES VÉGÉTALES ET ANIMALES [1].

TROISIÈME MÉMOIRE.

CELLULOSE.

OMPOSITION CHIMIQUE, CARACTÈRES DUS AUX DIFFÉRENTS ÉTATS DE SA COHÉSION, PROPRIÉTÉS DISTINCTIVES ENTRE LES CELLULES VÉGÉTALES ET LES MEMBRANES DES ANIMAUX.

Les recherches que nous avons exposées dans le mémoire précédent avaient paru fixer le rôle physiologique de l'amidon, en émontrant comment ce principe immédiat s'accumule dans les lantes et comment il se peut dissoudre sous l'influence de la iastase, à certaines époques où la végétation épuise cette réserve t forme de nouveaux tissus.

-Or, durant la germination des graines, de même qu'aux poques de la végétation souterraine des tubercules, les plantes, rivées des fonctions des organes foliacés, ne sauraient encore approprier le carbone de l'acide carbonique : les nouveaux tis- ıs semblaient donc ne pouvoir admettre dans leur composition

[1] Voyez les deux premiers mémoires, pages 1, 17, 44, 46 et 47.

élémentaire plus de carbone que l'amidon lui-même, s'il leur avait réellement donné naissance.

Telle fut la pensée qui me dirigea dans cette nouvelle série de recherches; elle me conduisit à reconnaître que toutes les analyses jusqu'alors connues sur la matière que l'on considérait à tort comme le tissu pur des végétaux; toutes ces analyses, dis-je, avaient eu lieu sur des mélanges complexes. Si elles indiquaient des proportions de carbone toutes trop fortes et variables entre 47 et 51 centièmes, cela tenait non, à des erreurs d'analyses élémentaires, mais bien à ce que plusieurs substances interposées, plus riches en carbone, avaient altéré la véritable composition de la trame pure de ces tissus.

Ce fut encore le mélange ou l'interposition de corps étrangers qui, donnant à la trame résistante de certains organismes des propriétés nouvelles et une composition variable, détermina l'adoption des noms de *fungine*, de *lignine*, de *lichénine*, de *médulline*, qu'il faut actuellement rayer des nomenclatures scientifiques.

Et par une circonstance bien remarquable dans l'histoire de ces recherches, il est arrivé qu'après avoir vainement cherché une composition rationnelle parmi ces tissus complexes, on parvint à constater plusieurs réactions exactes, notamment les transformations du tissu végétal en substance gommeuse, puis en glucose; mais c'est qu'alors on opéra sur un principe immédiat accidentellement obtenu presque pur, parce que l'on avait agi sur des linges usés et blanchis ou sur du papier blanc non collé, tandis que pour toutes les analyses on avait employé la substance ligneuse de différents bois[1].

[1] Voyez sur les *bois*, le *ligneux*, la *lignine*, la *médulline*, la *lichénine*, la *fungine* :
Fourcroy, *Système des connaissances chimiques;*
Rumford, *Mémoire sur le bois et le charbon*, p. 15;
Thénard et Gay-Lussac, *Recherches physico-chim.* t. II, p. 295;
Prout, *Annales de chimie et de physique*, t. XXXVI, p. 371;
Bérard, *Mémoire sur la maturation des fruits*, p. 32;
Dutrochet;

Démêler la véritable composition chimique et les propriétés caractéristiques de la trame végétale, au milieu de tant de données applicables à des substances hétérogènes, eût été chose bien difficile. Il valait mieux, sans doute, recommencer tout le travail, en observant à la fois les développements physiologiques et les modifications survenues par degrés dans la composition immédiate et élémentaire des différentes parties de l'organisme : telle fut en effet la marche qui me permit d'arriver au but.

Je me suis donc efforcé de déterminer la composition chimique des *cellules naissantes*, puis de les examiner après une végétation graduellement prolongée, de les suivre enfin dans les différents bois lorsqu'elles sont épaissies par la superposition des couches concentriques ligneuses[1].

EXTRACTION DU TISSU VÉGÉTAL À L'ÉTAT NAISSANT OU TRÈS-JEUNE.

Pour atteindre le but principal de ces recherches, il était nécessaire d'obtenir le tissu des végétaux récemment formé, afin qu'il fût moins compliqué dans sa composition par les divers principes immédiats qui, plus tard, doivent y être sécrétés; il fallait encore extraire à part le tissu élémentaire des différentes

Decandolle, *Théorie élémentaire*, 1re édition, p. 417;

Raspail, *Journal des sciences d'observations*, II, p. 415;

Braconnot, *Annales de chim. et de phys.* XII, p. 172, et *Bull. des sciences chim.* Ferussac, X, p. 224;

Ant. Morin;

Guérin, *Annales de chim. et de phys.* LI, p. 242;

Payen (Cellulose, Lignose, Lignone, Lignin et Ligniréose), *Académ. des sciences*, 17 décembre 1838; *Annales des sciences naturelles*, 1839; *Comptes rendus*, juin 1840, et t. IX du recueil des Savants étrangers.

[1] Nous verrons plus loin que toutes les parties ligneuses et herbacées des plantes, c'est-à-dire *les végétaux* pris en masse, *donnent, à l'analyse élémentaire, du carbone et les éléments de l'eau, plus un excès d'hydrogène*. On le comprendra bien, en se rappelant que trois substances organiques, caractérisant le *bois* ou les *tissus ligneux*, que les *matières azotées*, les *huiles essentielles*, les *résines*, la *cire*, les *matières grasses*, *etc.* disséminées dans les plantes, contiennent toutes, sans exception, un excès d'hydrogène, excès prédominant, d'ailleurs, malgré la présence des sels à acides organiques dans lesquels l'oxygène domine, et de ceux qui sont tout à fait exempts d'hydrogène, tels que les oxalates, si universellement répandus dans le règne végétal.

parties des plantes, pour s'assurer de l'identité des résultats analytiques sur toutes ces parties.

J'y suis parvenu en enlevant avec soin les jeunes tissus à l'état gélatiniforme que contiennent, 1° les ovules non fécondés des amandes de l'*Amygdalus sativa*; 2° les ovules renfermés dans les fleurs de l'*Helianthus annuus*; 3° ceux que l'on trouve dans les fleurs des abricotiers, pommiers et cerisiers.

Une autre série de très-jeunes membranes a été obtenue, en excisant avec précaution les extrémités à l'état normal des radicelles et des fibrilles radicellaires de plusieurs plantes ligneuses ou herbacées.

Je me procurai des membranes plus rapprochées encore de l'état rudimentaire en réunissant les parties membraniformes extraites des gouttelettes coagulées qui s'extravasent de la section faite aux vaisseaux d'un concombre.

La moelle des pousses vigoureuses venues en deux mois sur des pieds de sureaux cultivés dans un sol riche et arrosé, offrit des circonstances favorables à l'extraction de cellules peu imprégnées de substances étrangères ou *ligneuses*.

Enfin, je trouvai une heureuse occasion d'obtenir en abondance et d'épurer sans peine un tissu analogue, en opérant sur la moelle blanche de l'*Æschynomene paludosa* (connue sous le nom vulgaire de papier de riz) et sur les poils des graines du Cotonnier.

Chacune des substances membraneuses obtenues a été immédiatement débarrassée des divers produits communs à toutes, en les traitant par l'acide chlorhydrique étendu et par l'ammoniaque à plusieurs reprises, puis par des lavages intermédiaires à l'eau pure, enfin par l'alcool et l'éther. L'épuration étant terminée, on a procédé à leur dessiccation, qui s'est achevée à la température soutenue de 100° dans le vide.

Pour soumettre ces matières à l'analyse, il était nécessaire de les pulvériser; mais, en raison de leur faible épaisseur et de leur souplesse, cette opération présentait une difficulté que j'ai pu

vaincre toutefois, et voici comment : la substance humectée fut fortement tassée dans un tube; on l'y laissa contracter des adhérences entre ses parties. Repoussée du cylindre et obtenue ainsi moulée, elle fut desséchée à l'air : alors sa cohésion était assez forte pour qu'il fût facile de la réduire en poudre à l'aide d'une râpe fine.

La matière ainsi divisée fut de nouveau desséchée dans le vide sec par une température de 100 à 150°, soutenue pendant trois heures : l'analyse après cela n'offrit plus de difficultés.

Voici les nombres obtenus en opérant sur les membranes élémentaires épurées de cette manière et bien divisées, qui alors ont offert à l'analyse une composition sensiblement constante, isomérique avec celle de l'amidon, ce qui justifiait mes prévisions sur la nature de la trame des tissus et la dénomination de cellulose.

	OVULES de l'amandier.	OVULES du poirier et du pommier.	OVULES de l'*Helianthus annuus*.	MATIÈRE membraneuse des concombres.	TISSU d'un concombre.	MOELLE de sureau.
Carbone.....	43,57	44,7	44,1	43,9	43,8	43,87
Hydrogène....	6,11	6,1	6,2	6,32	6,1	6,04
Oxygène.....	50,32	49,2	49,7	49,78	50,1	50,09
	100	100	100	100	100	100

	COTON épuré une fois.	COTON épuré deux fois.	SPONGIOLES des radicelles.	MOELLE d'*Æschynomene paludosa*.	(2e) MOELLE d'*Æschynomene paludosa*.	(3e) MOELLE d'*Æschyn. pal.* anal. avec M. Dumas.
Carbone.....	45,00	44,55	43,50	43,2	43,59	43,4
Hydrogène....	6,22	6,14	6,18	6,5	6,2	6,3
Oxygène.....	48,55	49,51	50,32	50,3	50,23	50,3
	100	100	100	100	100	100

RÉACTIFS QUI DÉCÈLENT DIRECTEMENT LA PRÉSENCE DE LA CELLULOSE PURE SOUS LE MICROSCOPE.

Une expérience curieuse et facile à répéter sur le porte-objet du microscope permet de reconnaître les parties des tissus végétaux formées de cellulose sans leur faire subir d'épuration préa-

lable, lors même que les cellules sont remplies de substance azotée, mais pourvu que celle-ci n'ait pas pénétré en proportions notables dans l'épaisseur de leurs parois.

Ainsi, par exemple, on posera dans une goutte d'eau sur la lame de verre une tranche très-mince de la moelle d'æschynomène (v. pl. I, 2e série de planches, fig. *a, a,* cellules à l'état normal) que l'on recouvrira avec une lamelle de verre; si l'on fait ensuite passer entre les deux lames deux ou trois gouttes de solution aqueuse d'iode dont l'excès soit absorbé par un morceau de papier à filtre mis en contact avec le liquide sur le côté opposé, on verra une légère teinte jaune colorer la paroi intérieure des cellules; posant alors une goutte d'acide sulfurique concentré qui s'insinuera de la même manière, on verra les premières cellules *b, b,* au contact de l'acide commencer à se désagréger, puis aussitôt acquérir la nuance bleu-violet communiquée par l'iode à la cellulose réduite à l'état d'agrégation des groupes de particules amylacées. Bientôt une dissolution complète effacera spontanément cette sorte de teinture, et il ne restera plus que les traces légères et jaunâtres *c, c,* des substances azotées qui étaient appliquées contre la paroi interne de chaque cellule.

Les figures *r, r', r'', r'''* de la planche VIII montrent des réactions analogues sur une tranche de radicelle de jacinthe. En *r* on voit deux rangées de cellules courtes de la spongiole à l'état normal; en *r'* une rangée de semblables cellules laisse apercevoir l'abondante substance azotée que renferme chacune d'elles, colorée en jaune orangé par l'iode; une autre rangée adhérente à celle-ci fait apparaître la cellulose bleuie par l'action de l'acide sulfurique en présence de l'iode; enfin, la dernière rangée *r''* montre la dislocation des cellules opérée par une réaction plus forte ou plus prolongée de l'acide.

En *r'''* les mêmes phénomènes se manifestent sur une tranche de la radicelle, prise à quelques centimètres du bout des spongioles: on voit qu'en cet endroit les cellules plus allongées

éprouvent les mêmes effets de colorations et de dislocation sous les influences combinées des deux réactifs.

La figure 7, planche I, montre la même coloration violette, qui, sous de semblables influences encore, caractérise la cellulose formant les tubes minces des poils de coton, tandis que la couleur orangée indique les corps azotés adhérents à ces poils; les figures 6 et 5 font voir, soumis aux mêmes réactions, les tubes plus épais constituant les fibres textiles du lin et du chanvre.

COMPOSITION DE LA CELLULOSE DES FEUILLES.

L'épuration complète de ce tissu, et en général des parties herbacées des plantes, présenta d'assez grandes difficultés. En effet, les feuilles traitées même par la solution bouillante de potasse, et ainsi dépouillées d'une partie de leurs substances grasses retinrent, malgré les lavages et les traitements ultérieurs par l'eau et l'acide chlorhydrique, l'éther et l'alcool, une matière de consistance cireuse qui augmentait la proportion du carbone. Mais, après avoir été entièrement épuré, le tissu offrit la même composition chimique que les membranes extraites des autres parties des plantes. Il me fut d'ailleurs plus facile d'extraire la cellulose pure du tissu blanc volumineux pris dans l'épaisseur d'une feuille d'*agave americana*.

Feuilles de chicorée endive (*Scariole*).

Soumises à la coction dans l'eau, desséchées, pulvérisées, traitées par la potasse, l'acide chlorhydrique, l'ammoniaque et l'eau, elles ont donné les résultats suivants :

Matière employée.....	434 millig.		C = 45,08	
Acide carbonique.....	674	D'où	H = 6,74	= 100
Eau.....	240		O = 48,28	

Les mêmes, traitées une deuxième fois par la potasse, l'acide

chlorhydrique, et toujours par des lavages intermédiaires à l'eau :

Substance	634 millig.		C = 43,40	
Acide carbonique	674	D'où	H = 6,12	= 100
Eau	240		O = 50,38	

Feuilles d'*Aylanthus glandulosa*.

Broyées et traitées par la potasse, le chlore, l'acide chlorhydrique, l'alcool et l'éther; séchées à + 160° :

Matière employée	0,168 millig.		C = 45,95	
Acide carbonique	0,271	D'où	H = 6,19	= 100
Eau	0,091		O = 47,86	

Deuxième échantillon des feuilles d'*Aylanthus*.

Feuilles soumises à un traitement semblable. Séchées à + 160° :

Matière	0,371 millig.		C = 45,82	
Acide carbonique	0,615	D'où	H = 6,44	= 100
Eau	0,216		O = 47,74	

TISSU INTÉRIEUR DES FEUILLES DE L'*AGAVE AMERICANA*.

Les particularités qu'il présente dans son volume et ses formes m'ont déterminé à faire l'analyse de ce tissu. Débarrassé mécaniquement de la couche verte qui l'environne, il fut divisé le plus possible à l'aide d'une lame bien tranchante. Soumis alors aux opérations successives d'une épuration par l'eau, l'ammoniaque, l'acide chlorhydrique, la potasse, l'alcool et l'éther, il fut dès ce premier traitement amené à l'état de cellulose pure, ainsi que le prouvent les résultats analytiques suivants :

Substance employée	302		C = 44,70	
Acide carbonique	490	D'où	H = 6,39	= 100
Eau	174		O = 48,91	

COMPOSITION CHIMIQUE DES TRACHÉES.

MM. de Jussieu et Brongniart m'avaient engagé à vérifier par l'analyse si la cellulose formait aussi la trame de trachées des plantes; je saisis l'occasion qui me fut offerte d'aller prendre, dans les serres du Jardin des plantes, une tige et des feuilles d'un bananier (*Musa sapientum*). Les trachées extraites, et seulement épurées par l'acide chlorhydrique faible, contenaient des substances étrangères, car, analysées en cet état, elles ont donné 0,484 de carbone, tandis qu'épurées par la potasse à chaud, puis analysées alors, elles offrirent la composition du tissu normal, c'est-à-dire 0,444 de carbone. Une contre-épreuve fut trouvée dans le traitement de la solution de potasse, qui, saturée par l'acide chlorhydrique faible, donna un précipité contenant des matières du *ligneux* incrustant.

Analyse des trachées du bananier (*Musa sapientum*).

Epurées seulement par l'ammoniaque, l'acide chlorhydrique faible, l'alcool et l'eau (retenant encore des matières incrustantes):

Substance employée	256		C = 48,43
Acide carbonique	449	D'où	H = 6,91 = 100
Eau	160		O = 44,66

Deuxième analyse des trachées du bananier.

Débarrassées de toute matière étrangère par la solution de potasse caustique et l'ébullition au bain d'huile jusqu'à siccité, puis les autres agents ordinaires d'épuration :

Matière séchée à + 130°	0,236		C = 44,22
Acide carbonique obtenu	0,275	D'où l'on tire	H = 6,50 = 100
Eau	0,139		O = 49,28

RADICELLES DE MAÏS.

M. Magendie me remit pour les examiner des radicelles recouvertes, à la partie inférieure, d'une matière gluante, diaphane et blanche, qu'il avait observées, en cet état dans un champ de maïs après une pluie abondante.

Examinée sous le microscope, la substance gélatiniforme présentait un grand nombre de cellules allongées, cylindroïdes ou elliptiques, séparées par une matière visqueuse. Chacune d'elles contenait une substance azotée, dont plusieurs réactifs, et l'iode notamment, faisaient mieux ressortir les contours en la colorant en jaune orangé et déterminant une contraction notable.

La présence des granulations ou corps amorphes, à composition azotée, fut aussi démontrée dans la matière visqueuse empâtant les cellules; je retrouvai le même enduit visqueux avec les mêmes propriétés chimiques, vers le bout des radicelles qui avaient pénétré de plusieurs centimètres dans le sol.

Les membranes végétales non colorables en jaune par l'iode, ni par le tanin, et formant la mince tunique des cellules en question, offrirent les propriétés et la composition ternaire de la cellulose, principe immédiat du tissu propre des végétaux.

PARTIES DES TISSUS QUI ONT RÉSISTÉ À LA DIGESTION DES ANIMAUX.

Je suis parvenu à rendre plus prompte l'épuration du tissu des feuilles en les broyant fraîchement cueillies, puis les malaxant dans l'eau tiède et les pressant à plusieurs reprises, jusqu'à ce que le liquide sortît clair ou très-peu chargé. Le traitement par les acides, la potasse et les autres agents fut alors bien plus efficace.

Espérant trouver des conditions plus favorables encore dans une sorte d'épuration toute faite par les organes digestifs, j'essayai d'extraire les membranes végétales des excréments des

vaches nourries dans une prairie naturelle. Cette expérience me parut pouvoir, en outre, par la composition de ce résidu de la digestion, donner l'évaluation approximative de la qualité nutritive des diverses plantes, ou d'une plante à différents degrés de développement, suivant encore la nature du sol, des engrais et certaines conditions atmosphériques.

La préparation de cette cellulose à l'état de pureté fut effectivement bien plus facile et plus complète après le traitement par les différents réactifs. Observée sous le microscope, elle montrait alors un grand nombre de vaisseaux diaphanes blancs, ayant conservé leurs formes; l'analyse élémentaire suivante prouva son identité avec les autres membranes pures :

Matière employée.....	323		C = 44,92
Acide carbonique.....	525	D'où	H = 6,40
Eau.....	189		O = 48,59

= 100

TISSU DU PÉRISPERME DES BLÉS ET DU MAÏS.

Les membranes extraites pures des fruits du blé donnent à l'analyse les résultats des autres tissus végétaux; mais comme les agents employés pour cette épuration auraient pu dissoudre une partie de ce tissu de composition différente, et notamment le gluten, que l'on avait supposé formé de membranes végétales, il était utile de montrer que la substance formant les cellules a des propriétés différentes du gluten et des autres matières azotées qu'elles renferment; enfin, qu'il est possible d'extraire une partie ou la totalité de ces substances sans extraire en dissolution le véritable tissu végétal. On y parvient de plusieurs manières. En examinant au microscope des tranches minces du périsperme des blés, on voit une matière grisâtre plus ou moins translucide, remplissant les cellules près de la périphérie du grain, offrant sous le microscope un aspect granuleux comme le montre la figure 12 de la planche I. La matière qui remplit cette rangée de cellules sous-épidermiques offre les caractères

des organismes azotés. Si on l'imprégne d'une solution, aqueuse alcoolisée, d'iode, elle jaunit et se contracte; si alors on introduit (sur le porte-objet entre les deux lames de verre) une goutte d'acide sulfurique, la substance granuleuse azotée se désagrége, laisse exsuder une matière grasse oléiforme, ainsi qu'on le remarque en *d''*, sur le dessin colorié. Le phénomène de cette jolie réaction se complète en montrant la cellulose qui, désagrégée graduellement, se colore en bleu violet, à l'instant où ses particules disloquées affectent les apparences des groupes des particules amylacées; on discerne enfin à sa coloration jaune-citron due au contact de l'iode, et à ses filaments étirés, la substance souple, élastique qui empâte les grains d'amidon dans les parties *e*, *f*, plus internes du périsperme. Cette matière hydratée offre les propriétés physiques du gluten. Tous les réactifs applicables à ce principe immédiat accusent sa présence en le contractant, changeant son aspect, ou l'entraînant en dissolution.

Ainsi le tanin le colore et le contracte, l'ammoniaque et l'acide acétique le dissolvent sans attaquer le tissu véritable qui apparaît, au contraire, plus net et mieux dégagé; l'alcool (étendu à 0,6) en dissout une partie; la solution d'iode, colorant en jaune toute la masse du gluten, en violet très-foncé l'amidon, et laissant les membranes végétales incolores, offre une autre démonstration élégante des mêmes faits.

Après la germination du blé à l'aide de l'eau, lorsque les développements de la tige, des feuilles et des radicelles ont épuisé les aliments accumulés dans le fruit, presque tout le caseum, l'albumine, l'huile, le gluten et l'amidon ont disparu; alors on ne retrouve plus que le tissu végétal avec sa composition chimique primitive.

Le gluten est donc au nombre des principes immédiats renfermés dans les cellules du périsperme des blés; on l'y trouve en proportion très-variable depuis 0,08 jusqu'à 0,20; il se compose de la réunion de plusieurs substances azotées, l'une très-ductile et élastique, soluble dans l'alcool à 0,6, plus à chaud qu'à

froid; une autre insoluble moins souple; une troisième analogue à la matière caséeuse; enfin, une quatrième de nature albumineuse. Aucun de ces principes azotés ne fait partie constituante des membranes du tissu végétal.

La figure 12 présente une coupe perpendiculaire à l'axe du fruit du blé : *a*, cellulose constituant les épaisses parois de l'épisperme; *a'*, les mêmes cellules disloquées par l'action de l'acide sulfurique en présence de l'iode qui les bleuit et montre leurs couches concentriques; *b*, *b'*, *b''*, pellicule périphérique ou cuticule imprégnée d'une substance azotée qui la rend résistante à l'acide et lui fait prendre une coloration orangée par l'iode; *c*, pellicule semblable enveloppant le périsperme; *d*, *d'*, *d''*, rangée de cellules oléifères contenant un léger tissu azoté, jauni par l'iode, et qui, se désagrégeant par l'acide sulfurique, laisse exsuder l'huile, tandis que la cellulose qui forme les parois des cellules est colorée en bleu-violet. On voit sous cette rangée de cellules en *e f*, les premières cellules de la masse du périsperme qui contiennent l'amidon enchâssé dans le gluten. Celui-ci s'est trouvé dans la coupe, étiré en filaments jaunis par l'iode, tandis que l'amidon, globuliforme, est teint en violet foncé par le même réactif.

COMPOSITION DU PÉRISPERME DU *PHYTELEPHAS*.

On importe en France ces fruits, dont le périsperme blanc possède une dureté telle, qu'on le peut tailler et polir pour en confectionner divers menus objets de tabletterie imitant l'ivoire. M. Brongniart, en examinant le tissu de ce périsperme, pensa qu'il serait intéressant de rechercher si l'épaississement considérable des cellules dépendait d'une incrustation particulière ou de couches ligneuses, ou enfin de la formation graduelle d'une substance homogène : il voulut bien me remettre un de ces fruits.

Les tranches, vues sous le microscope, offraient l'apparence d'un tissu celluleux à parois très-épaisses, renfermant des gouttelettes oléiformes près de la surface du périsperme et des gra-

nulations albuminoïdes dans toutes les cavités. Débarrassées par l'acide chlorydrique, l'ammoniaque, l'eau, l'alcool et l'éther, de la plus grande partie de ces corps étrangers, les épaisses membranes n'avaient éprouvé aucun changement visible.

La substance ainsi épurée, après avoir été préalablement réduite en poudre très-fine à l'aide d'une lime, était d'une blancheur remarquable; desséchée dans le vide à la température de 125°, puis analysée, elle donna les résultats suivants :

Substance employée.....	340		C = 44,14
Eau.....	195	D'où	H = 6,30 } = 100
Acide carbonique.....	543		O = 49,56

D'ailleurs elle se transformait en dextrine par l'acide sulfurique, et en xyloïdine par l'acide azotique sans coloration; c'était évidemment de la cellulose pure, sauf des traces de silice, et elle avait été extraite en cet état plus facilement que d'aucun autre tissu jusques alors analysé. Elle offre donc un des exemples les plus nets et les plus faciles à démontrer, de la composition des cellules végétales.

Les réactions microscopiques observées à l'aide des procédés décrits ci-dessus (voyez p. 216) confirmèrent les déductions qui précèdent sur la composition chimique de ces périspermes; ces réactions sont représentées sur la planche I (2e série des planches).

La figure 2 montre une coupe passant dans l'axe du périsperme de *Phytelephas*, et la figure 3, une coupe perpendiculaire à la précédente. Les mêmes lettres correspondent aux parties semblables des deux figures : en *a*, on remarque les épaisses parois des cellules; en *b*, on voit les cellules elles-mêmes. Ce sont des cavités cylindroïdes auxquelles aboutissent un grand nombre de canalicules dirigés vers les pertuis des cellules voisines; *a'* et *b'* indiquent les mêmes parties sous l'influence de la solution aqueuse d'iode. Cette solution colore en jaune orangé les substances organiques azotées renfermées dans les cellules et dans les canalicules. En *a''* et *b''*, on aperçoit le phénomène de désagré-

gation de la cellulose par l'acide sulfurique en présence de l'iode et la teinture violette qui en est la conséquence. La figure 4 indique les mêmes phénomènes observés sur une coupe perpendiculaire au rayon de ce périsperme et près de sa périphérie : là on distingue les lignes de démarcation entre les cellules, et la séparation se manifeste par l'action de l'acide sulfurique. Cet acide, en désagrégeant l'abondante sécrétion organique azotée qui remplit ces cellules près de la périphérie, met en liberté la matière grasse logée dans le tissu azoté. Nous avons vu plus haut, pages 12 et 13, que les périspermes des graminées contiennent aussi dans des cellules spéciales rapprochées de la superficie une abondante sécrétion oléifère.

COMPOSITION DU PÉRISPERME DU DATTIER.

Il en est ainsi des membranes épaisses du périsperme du dattier, que les solutions alcalines gonflent à froid, désagrégent et dissolvent à chaud. Ces membranes contribuent sans doute à la qualité alimentaire de ce périsperme, que l'on nomme le noyau des dattes, qui d'ailleurs renferme du sucre 0,053, des matières azotées 0,284, des substances grasses 0,145 et quelques sels solubles[1]. Le tissu bien épuré pèse 0,517, et donne les produits qui représentent la composition des membranes végétales.

COTON DES GRAINES DU PEUPLIER DE VIRGINIE.

Afin de vérifier encore sur cette sorte de poils végétaux la composition trouvée dans l'analyse du coton ordinaire, je les soumis à une épuration complète afin de les débarrasser ainsi de leur abondante matière grasse. Les analyses donnèrent alors les résultats suivants, qui représentent la composition du tissu végétal pur :

[1] Les dattes elles-mêmes présentent, seulement auprès de l'épiderme de leur péricarpe, une rangée de cellules remplies de matière incrustante, ligneuse.

	COTON ÉPURÉ.	COMPOSITION.
Matière employée	374	Carbone 44,11
Acide carbonique	598	Hydrogène .. 6,52
Eau	220	Oxygène 49,37

MEMBRANES VÉGÉTALES COMPOSANT LE SQUELETTE D'UN NID DE GUÊPES.

M. Magendie supposait, d'après les circonstances de la construction d'un nid de guêpes (*Vespa gallica*), que les parois des cellules de ce nid devaient contenir une substance analogue à celle des membranes végétales. Il voulut bien me soumettre ce doute. L'échantillon fut lentement et assez difficilement épuré par les traitements indiqués ci-dessus, de plusieurs matières analogues à celles qu'on trouve dans les végétaux et de la substance collante particulière qui réunissait les matériaux de ce nid.

Après l'épuration complète, on vit distinctement sous le microscope que la substance désagrégée se composait de tubes plus ou moins longs, avec les formes des parties du tissu vasculaire des plantes.

Analysée alors, elle donna effectivement les nombres qui suivent, équivalents à ceux de la composition des membranes végétales :

Matière employée	250		
Acide carbonique	400	D'où	C = 44,15 H = 6,22 O = 49,63
Eau	141		= 100

J'avais précédemment montré qu'en traitant les bois incrustés par l'acide azotique à 36°, puis par la potasse et les autres dissolvants, on parvenait à éliminer toute la matière incrustante du bois, et qu'alors les membranes qui avaient résisté offraient la composition normale des tissus végétaux; mais il me parut probable qu'après une macération dans un acide faible, les traitements réitérés à chaud, par les solutions alcalines, devaient suffire

pour dissoudre toute la matière ligneuse incrustante, et d'autres substances étrangères. En effet, le bois de cœur de chêne amené par la molette à une division très-grande, traité par un acide étendu, et trois fois alternativement par la solution de potasse bouillante jusqu'à siccité, puis par les autres dissolvants, laissa un résidu composé de membranes apparaissant diaphanes et incolores sous le microscope. Analysées alors, elles donnèrent la composition normale des tissus végétaux.

Analyse des membranes extraites pures du cœur du chêne.

Matière employée	366		
Acide carbonique	592	D'où C = 44,53 H = 6,03 O = 49,17	= 100
Eau	210		

J'obtins les mêmes résultats en appliquant un mode d'épuration semblable aux bois de hêtre, d'acacia et d'*Aylanthus glandulosa*.

Il en fut de même encore d'un jeune tissu formé sur l'aubier d'une branche de peuplier, extrait au mois d'août. (Ce tissu contenait, outre les corps azotés, de nombreux granules globuliformes d'amidon, ayant au plus un demi-centième de millimètre.)

Épuré facilement, il offrit à l'analyse 44,5 de carbone et 55,5 d'eau.

COMPOSITION DU BOIS DES CONIFÈRES.

Après le grand nombre d'analyses que j'avais faites des tissus végétaux, l'examen chimique du tissu ligneux des Conifères pouvait encore offrir de l'intérêt en raison des particularités qui distinguent la structure de ces bois.

En me livrant à ce travail, je ne tardai pas à constater plusieurs différences qui persistent jusqu'à l'époque de l'épuration complète des membranes.

Le bois de sapin réduit en poudre par la lime, épuré par l'eau, l'alcool, l'éther, les acides et les alcalis faibles, puis par la

solution concentrée de soude caustique à chaud, l'acide chlorhydrique et l'eau, contenait encore des quantités sensibles de matière incrustante et de substance azotée qui étaient interposées dans les membranes. Celles-ci, en effet, étaient brunies par l'acide sulfurique; la solution aqueuse d'iode les colorait en jaune dans toute leur épaisseur. Calcinées avec de la potasse, elles laissaient dégager de l'ammoniaque. Enfin, la composition élémentaire s'éloignait beaucoup de celle qui représente la cellulose. On en jugera facilement par les deux analyses suivantes :

	1re.	2e.			1re.	2e.
Matière employée....	398millig.	417	D'où	Carbone.....	52,01	51,79
Eau obtenue.....	227	237		Hydrogène.....	6,33	6,28
Acide carbonique....	750	784		Oxygène.....	41,57	41,93
					100	100

Afin d'obtenir l'épuration complète de cette cellulose, il fallut la broyer à l'eau sous la molette, puis la traiter par un courant de chlore, reprendre par la potasse l'acide chlorhydrique et l'eau. Devenue blanche alors, elle n'était plus brunie par l'acide sulfurique, qui la transformait à froid en dextrine; l'iode en solution aqueuse ne la colorait plus sous le microscope; elle ne dégageait plus d'ammoniaque à la calcination; enfin, desséchée à 120° dans le vide, elle donna les résultats analytiques ci-après indiqués :

	1re.	2e.	3e.			1re.	2e.	3e.
Substance employée..	312	394	251,2	=	Carbone.....	45,09	44,77	44,77
Eau obtenue.....	183	234	157		Hydrogène...	6,47	6,58	6,96
Acide carbonique....	509	638	407		Oxygène.....	48,44	48,65	48,66
						100	100	100

Ainsi, une fois amenée, sans perdre sa structure membraniforme, à l'état de pureté complète, la cellulose du sapin est identique avec la substance qui constitue les membranes des cellules de tous les végétaux.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DU TISSU DES CRYPTOGAMES.

Les nombreuses analyses que j'avais faites des divers tissus des végétaux phanérogames conduisaient à supposer une composition élémentaire uniforme dans toutes leurs membranes; mais il restait à découvrir si la cellulose formait aussi la trame des parois cellulaires dans les Cryptogames : tel fut l'objet de cette seconde série de recherches.

Analyses des *Conferva rivularis* et *oscillatoria*.

J'essayai donc de traiter sous les mêmes points de vue plusieurs conferves. La soude, en désagrégeant à chaud la membrane enveloppante des filaments tubuleux de *Conferva rivularis*, isola les unes des autres les longues cellules qui, appuyées bout à bout et plus ou moins remplies de matière verte, occupaient toute la capacité tubulaire.

Pour éliminer entièrement la matière verte, il fallait ouvrir les cellules qui la tenaient en partie à l'abri des dissolvants. J'y

parvins en les agglomérant ensemble, à l'état humide, par une pression graduée, desséchant la masse, puis la soumettant à l'action d'une lime. Alors l'alcool, l'ammoniaque, les solutions de soude et de potasse, étendues, enlevèrent les substances azotées et la matière verte en dissolution; le chlore en fit disparaître les dernières traces en éliminant aussi une substance brune; l'acide chlorhydrique, l'eau, l'éther et l'alcool achevèrent l'épuration en enlevant du carbonate de chaux et des substances grasses. Les membranes épurées des *Conferva rivularis* et *oscillatoria* [1] offrirent alors la composition des autres tissus, ainsi que le prouvent les détails analytiques suivants :

Première analyse des conferves (*rivularis*).

Membranes épurées séchées à + 120°.

Matière employée.....	= 0,233		C = 44,50	
Acide carbonique.....	= 0,372	D'où	H = 6,32	= 100
Eau.....	= 0,134		O = 49,18	

Deuxième analyse des conferves (*rivularis*).

Desséchée à + 180° dans le vide.

Substance employée.....	= 0,442		C = 44,37	
Acide carbonique.....	= 0,716	D'où	H = 6,30	= 100
Eau.....	= 0,259		O = 49,68	

Analyse de l'oscillaire épurée par les réactifs *ci-dessus indiqués*.

Desséchée dans le vide à + 180°.

Matière employée.....	= 0,161		C = 45,34	
Acide carbonique.....	= 0,264	D'où	H = 6,58	= 100
Eau.....	= 0,096		O = 48,08	

[1] Ces conferves, après une complète épuration, présentaient, sous le microscope, les débris de leurs cellules vides.

La petite surcharge de carbone et d'hydrogène, dans cette analyse, m'a conduit à trouver encore dans l'oscillaire, malgré son épuration, une quantité notable de matière de consistance grasse, fluide à chaud, figée à froid, soluble dans l'éther et dans la potasse [1].

Une deuxième analyse, faite en employant la substance épurée complétement par l'éther, et desséchée dans le vide à + 180°, donna les résultats suivants :

Matière employée.....	237	équivalent à	C = 44,89
Acide carbonique.....	385		H = 6,16
Eau.....	132		O = 48,95

Composition du tissu des champignons.

Les champignons encore, parmi les cryptogames, méritaient une attention sérieuse; car, sur l'autorité d'un savant analyste, on y admettait un tissu d'une composition particulière qui avait reçu le nom de *fungine;* l'auteur l'avait extrait du *Boletus igniarius.*

J'apportai les plus grands soins à son examen; l'épuration complète nécessita les mêmes manipulations que pour les conferves, et beaucoup plus de précautions encore, car il est formé de membranes altérables, et la grande quantité de matières colorables en brun, grasses, azotées, etc. qu'il recèle, ne peuvent être totalement enlevées qu'en faisant passer un courant de chlore gazeux dans le liquide [2]. Je lui trouvai enfin, comme le prouvent les détails analytiques, la composition des membranes des autres végétaux.

[1] Sans doute elle était restée interposée, faute de lavages suffisants après l'action de la potasse.

[2] Cette méthode d'épuration doit être suivie avec ménagement, car elle est efficace par la réaction sur la cellulose qui, altérée et dissoute à sa superficie, ne peut plus conserver d'adhérence avec les corps étrangers en contact avec les parois, ou même qui ont pénétré dans leur épaisseur.

Analyse de la cellulose extraite du *Boletus igniarius*.

Matière employée.....	= 0,417.		C = 44,45	
Acide carbonique.....	= 0,685	D'où	H = 6,14	= 100
Eau.....	= 0,231,5		O = 49,41	

Composition des membranes du champignon de couches (*Agaricus edulis*).

Avant de prononcer définitivement sur la matière du tissu des champignons, il pouvait paraître utile de vérifier les premiers résultats en procédant à l'analyse d'une sorte très-différente de la première, par les circonstances de sa végétation comme par sa consistance. Les champignons de couches furent employés dans cette vue; l'analyse immédiate y démontra des proportions considérables de substances azotées, d'une matière grasse cristallisable, volatilisable en partie dans le vide à + 180°, des sels, etc. Leur épuration complète fut obtenue en les lavant d'abord à l'eau froide, puis exprimant avec force; séchés alors, on put les réduire en poudre qui fut tamisée. On fit réagir sur celle-ci alternativement l'éther, l'alcool, l'ammoniaque à chaud, l'acide chlorhydrique, une solution faible de potasse, le chlore, l'acide chlorhydrique et l'éther. Des lavages intermédiaires eurent lieu à l'eau chaude. Séchée alors dans le vide à + 160°, la substance membraneuse offrit la composition des autres membranes, comme l'indiquent les données analytiques suivantes :

Analyse des membranes du champignon de couches.

Tissu bien épuré, puis desséché dans le vide à + 160°.

Matière employée.....	316 millig.		C = 44,52	
Acide carbonique.....	534	D'où	H = 6,67	= 100
Eau.....	190		O = 48,81	

Ainsi les champignons ne sont point formés d'un tissu particulier. Ce sera donc encore une anomalie éliminée de la science.

Composition des membranes du *Chara hispida*.

Je crus pouvoir déterminer sous les mêmes points de vue la composition élémentaire des membranes du *Chara*, sur lequel les physiologistes nous ont appris de si importantes particularités. Après avoir éliminé mécaniquement ou par dissolution le liquide et les granules verts à compositions azotées, puis le carbonate de chaux et toutes les substances étrangères [1], j'obtins les membranes blanches diaphanes et pures. Leur analyse, ci-dessous indiquée, offrit la composition normale des tissus végétaux.

Analyse des membranes du *chara*.

Substance.....	= 0,216	D'où	C = 44,28
$C^2 O^2$.....	= 0,348		H = 6,29 = 100
$H^2 O$.....	= 0,123		O = 49,43

CARACTÈRES DISTINCTIFS ENTRE LES CELLULES DES VÉGÉTAUX ET DES MEMBRANES DES ANIMAUX.

Si j'ai réellement fait disparaître les variétés de composition attribuées à la trame du tissu des plantes pour y substituer une formule unique, il me sera peut-être permis d'énoncer une opinion que j'ai conçue il y a plusieurs années. Alors elle était basée seulement sur deux séries parallèles de réactions chimiques moins certaines, bien qu'elles se trouvent vérifiées aujourd'hui. Dès cette époque, en effet, il m'avait paru possible d'établir une distinction rationnelle entre les animaux et les végétaux, près de cette limite où plusieurs caractères semblent les confondre. Les membranes végétales bien agrégées sont inaltérables sensiblement en présence d'une foule d'agents, tels que l'iode, le chlore

[1] Le *Chara* contient des granules d'amidon, des corps verdâtres azotés, des substances azotées, solubles, des matières grasses, une substance colorante, un principe odorant rappelant l'odeur marécageuse de plusieurs conferves, du chlorure de potassium, du carbonate de chaux adhérent aux membranes externes et de la silice. On ne voit pas de carbonate calcaire sur le *Chara translucens*.

affaibli, les alcalis et les acides étendus, le tanin, plusieurs sels neutres, l'alcool et la créosote, qui colorent, attaquent, dissolvent ou contractent fortement les membranes des animaux. Mais la distinction qui se fonde sur leur composition élémentaire est encore plus certaine.

En effet, les combinaisons organiques quaternaires font partie constituante des membranes animales, tandis que les combinaisons azotées n'entrent pas dans la nature intime des membranes végétales. Celles-ci offrent constamment une composition ternaire bien définie C^{24} H^{20} O^{10} ou H^2 O, C^{24} H^{18} O^9.

D'une part, les proportions considérables de substances azotées que m'ont offertes les analyses de tous les jeunes organes des végétaux, et, d'un autre côté, les propriétés physiologiques, notamment une grande énergie vitale, démontrée par M. Dutrochet dans ces parties des plantes où j'ai trouvé le plus d'azote, sembleraient, au premier abord, devoir faire repousser la distinction que j'essaye d'établir; mais, en y réfléchissant un peu, on verra qu'il n'y a aucune contradiction entre ces faits; on verra qu'ils s'accordent au contraire très-bien entre eux; qu'ils sont en harmonie avec les observations relatives, soit au rôle des matières azotées dans les engrais les plus favorables au développement des végétaux, soit à la composition quaternaire des substances contenues dans les organes qui prennent part directement à la fécondation des plantes : c'est que, dans toutes ces circonstances, les corps azotés semblent accomplir les fonctions principales; ils sont enveloppés dans les cellules végétales, sans faire partie intégrante des parois de ces cellules.

NATURE AMYLACÉE DE QUELQUES TISSUS VÉGÉTAUX.

Les considérations qui précèdent m'ont conduit à résoudre une question que j'avais autrefois vainement étudiée. Il s'agissait de savoir où est situé, dans le tissu du lichen d'Islande, l'amidon que l'analyse chimique y démontre en abondance.

Bien certain aujourd'hui que la substance des cellules végétales est isomérique avec l'amidon et n'en diffère, dans les réactions physiques, que par une agrégation considérablement plus forte entre ses particules, je crus pouvoir admettre qu'il existait dans le lichen d'Islande des membranes assez faiblement agrégées pour présenter quelques-uns des caractères de l'amidon.

Dans la vue de vérifier cette induction, je purifiai d'abord le lichen en le soumettant aux réactifs, tels que l'eau, l'acide acétique et l'ammoniaque, qui, sans attaquer son tissu, dissolvent les substances étrangères. Alors l'iode, ajouté sur des tranches minces, observées sous le microscope, développa une teinte bleue dans les membranes du tissu sous les parties corticales; celles-ci prirent une teinte jaunâtre, légèrement orangée.

La nuance bleue diparaissait sous l'influence des alcalis; la potasse et la soude opéraient en outre un gonflement rapide, puis une dissolution graduelle des membranes. Ces phénomènes caractéristiques, appartenant à la substance amylacée, m'encouragèrent à pousser plus loin mes investigations. Je procédai à l'extraction de la gelée du lichen, et je constatai sans peine qu'elle était obtenue des membranes susceptibles de bleuir par l'iode; qu'elle avait acquis elle-même cette propriété, tandis que la couche corticale, non colorable en bleu par l'iode, n'était pas dissoute par l'eau bouillante, même à une température de +170° en vase clos.

Traitant alors la gelée du lichen par la diastase à +75° cent. je rendis soluble à froid la substance identique avec l'amidon en la convertissant en dextrine et en sucre.

Je parvins de cette manière à séparer l'inuline restée intacte en présence de la diatase.

Ayant constaté que l'acide acétique transforme à chaud l'inuline en glucose soluble à l'eau froide et même dans l'alcool, il me fut facile d'éliminer cette substance, à son tour, et d'obtenir l'amidon isolément.

Ainsi donc la gelée du lichen, aussi blanche et pure qu'on

ait pu se la procurer directement, contient de l'amidon hydraté, plus de l'inuline.

Ce résultat n'est peut-être pas sans intérêt, après les travaux de plusieurs savants chimistes, dont l'un avait indiqué les deux substances sans les extraire; un autre, depuis, n'y trouva que de l'amidon, et, plus récemment encore, un troisième, considérant l'ensemble comme un principe immédiat particulier, lui donnait une dénomination spéciale.

L'analyse, ci-dessous indiquée, des membranes épurées du lichen donna les nombres qui représentent la composition de la substance amylacée.

Substance séchée à 130° dans le vide.	0gr,519		
Acide carbonique.....	842millig.	=	Carbone..... 44,70
Eau.....	291		Hydrogène..... 6,21
			Oxygène..... 49,09

L'amidon ne se trouve donc pas contenu à l'état de granules dans les cellules du lichen; il est partie intégrante de la membrane des cellules elles-mêmes.

Cette composition et la facile dissolubilité des membranes en question expliquent la qualité alimentaire de certains lichens, et une propriété semblable dans des tissus végétaux facilement désagrégeables.

Les membranes des sporules de plusieurs champignons, débarrassées des matières riches en azote (à l'aide d'une solution à 0,1 de potasse tenue une heure à 100°), présentent, sous l'influence de l'iode, les caractères de la substance amylacée. C'est un nouvel exemple du fait que j'ai observé dans le lichen, et qui, sans doute, se reproduira ailleurs encore.

TRANSFORMATION ARTIFICIELLE DU TISSU VÉGÉTAL EN DEXTRINE, CARACTÉRISÉE PAR SON ACTION SUR LA LUMIÈRE POLARISÉE ET PAR L'ANALYSE DE SES DIFFÉRENTES COMBINAISONS.

Ayant vu que la matière du tissu élémentaire des végétaux, que j'avais isolée, offrait une composition pareille à celle de la

dextrine; qu'en outre, sous certaines conditions de désagrégation, elle était teinte en bleu par l'iode, j'ai pensé qu'il serait utile d'examiner si la constitution moléculaire, indiquée par les caractères optiques, indépendamment de l'agrégation, se trouvait d'accord avec les données précédentes.

Cet accord s'est en effet réalisé, car, une petite quantité de la matière étant dissoute dans l'acide sulfurique à l'aide d'une température d'environ 60 degrés, la solution, étudiée par la lumière polarisée, exerçait la rotation vers la droite comme la dextrine, et correspondait à cette substance par son énergie.

Quoique l'état de l'atmosphère et la très-petite quantité de matière employée n'eussent pas permis de donner à cette observation tout le développement dont elle serait susceptible, les effets observés ont été assez nets et assez certains pour démontrer l'existence du pouvoir rotatoire avec une intensité tout à fait comparable à celle de la dextrine; et cela n'a pas paru ainsi seulement à moi, mais aussi à M. Biot, avec les appareils duquel j'ai fait ces observations au collége de France.

Il convenait, pour lever tous les doutes, de contrôler ces observations par l'analyse immédiate et élémentaire. Dans cette vue, je soumis du tissu épuré à l'action de l'acide sulfurique froid. Dès que la désagrégation et la dissolution furent opérées, on étendit d'eau, puis on élimina l'acide sulfurique par une saturation exacte avec la baryte. La solution filtrée fut alors évaporée rapidement, et le résidu, sec, broyé, puis exposé dans le vide à une température soutenue de 140 degrés, fut analysé et donna les nombres correspondants encore à la dextrine; enfin, uni à la baryte, il offrit un composé soluble présentant les caractères du dextrinate neutre de baryte et la même composition.

Plusieurs autres combinaisons offrant des moyens de vérification de l'identité moléculaire ci-dessus indiquée, j'ai dû m'efforcer encore de les obtenir. Les fibrilles du coton épuré, broyées avec l'acide azotique, se sont peu à peu désagrégées sans dégagement de gaz. L'addition de l'eau précipita la xyloï-

dine, et l'augmentation de poids correspondit avec ce composé.

Les résultats ainsi obtenus permettent de suivre les phénomènes de la jolie expérience de M. Pelouze : on plonge dans l'acide azotique concentré un tissu de coton pur; au bout de quelques heures on le retire pour l'immerger dans un grand excès d'eau; desséché, alors on remarque que ce tissu est devenu plus épais, plus lourd, moins flexible, imperméable à l'eau. L'analyse prouve qu'il est composé de xyloïdine et de membranes non attaquées.

Les essais que nous allons rapporter indiquent la marche à suivre pour cette analyse, et permettent de varier les curieux résultats de l'expérience.

Si l'on retire à des intervalles différents, de deux en deux heures, par exemple, plusieurs morceaux de toile de coton placés simultanément dans l'acide, qu'on les lave et les dessèche comme nous venons de le dire, les changements décrits se réaliseront d'autant plus prononcés que la réaction aura été plus longue.

Chacun des morceaux de toile étant alors plongé dans la potasse, la xyloïdine sera peu à peu défaite; ses éléments, dissous dans le liquide, y laisseront le tissu d'autant plus léger, souple ou même désagrégé, que la formation de la xyloïdine avait été plus abondante. En rapprochant le liquide par la quantité de nitrate, on se rendra compte de la première augmentation de poids du tissu, de la perte qu'il a éprouvée, enfin de la composition de la xyloïdine produite. On en devra conclure que, dans ces expériences, les membranes sont graduellement attaquées dans leurs parties le plus faiblement agrégées. La xyloïdine, adhérente aux membranes des cellules, s'y fixe au moment de sa précipitation par l'eau; elle produit les changements ci-dessus décrits, et cette grande combustibilité que M. Pelouze a fait connaître.

L'action des alcalis (soude et potasse) en solution concentrée, lorsqu'on la favorise par des broyages énergiques, permet aussi de dissoudre les parties des membranes qui sont douées d'une

moindre force d'agrégation; on parvient même, au moyen de la soude caustique, à réduire la totalité en une masse mucilagineuse; et tous ces produits, plus ou moins divisés, dissous ou combinés, offrent la composition chimique élémentaire et le poids atomique de la dextrine.

Les composés de soude ou de potasse avec la substance désagrégée furent lavés par l'alcool, qui entraîna l'excès d'alcali, laissant la combinaison opérée entre un équivalent de la base et un équivalent de la dextrine : l'incinération et la conversion en sulfate le démontrèrent.

Ainsi le tissu propre des plantes offre un cas d'isomérie dépendante d'une force d'agrégation particulière avec l'amidon, et tous deux sont isomériques avec la dextrine.

COMPOSITION CHIMIQUE DU POLLEN DU CHARA.

Les vésicules de couleur orangée qu'on voit sur les rameaux du chara contiennent, comme on le sait, des cellules très-longues et souples. J'ai reconnu que leurs minces membranes ont la composition chimique du tissu végétal, tandis que les substances renfermées par elles offrent la composition azotée propre aux corps enveloppés dans les plus jeunes organes des plantes.

Ces résultats analytiques me semblent être des conséquences naturelles de la constitution des organes reproducteurs du chara, telle que M. Brongniart l'a indiquée, non-seulement quant à la graine monosperme, mais encore relativement aux substances azotées contenues dans les membranes végétales, et qui se rapporteraient au pollen de l'organe mâle.

COMPOSITION CHIMIQUE DES CORPS DOUÉS DE MOUVEMENTS SPONTANÉS DANS LES PLANTES.

Les faits chimiques que je viens d'exposer sont encore en harmonie avec les observations de M. Meyen et celles de M. Bron-

gniart sur les mouvements spontanés des petits corps renfermés dans ce pollen (*Annales des Sciences naturelles*, novembre et décembre 1838); car tous les corps capables de manifester des mouvements spontanés, autres que ceux des particules de Brown, et tels, par exemple, que les corpuscules organiques renfermés dans les tubes du chara, se sont trouvés, d'après mes expériences, avoir une composition quaternaire azotée analogue à la composition chimique des animaux.

SUBSTANCES GRASSES RENFERMÉES DANS LES TISSUS VÉGÉTAUX.

Nous avons vu que l'épuration de la cellulose extraite des champignons, des conferves, du périderme du *Quercus suber* et de toutes les feuilles des plantes, est surtout entravée par la présence des matières grasses ou cireuses. On comprend que des quantités, même faibles, de celles-ci puissent en effet augmenter sensiblement les proportions de carbone et d'hydrogène dans les tissus analysés.

Toutefois, afin de fixer à cet égard les idées par des nombres, j'ai cru devoir, 1° comparer la composition des tissus à l'état normal avec la cellulose épurée; 2° extraire et analyser à part quelques-unes de ces matières.

Analyses comparées du coton des graines du peuplier de Virginie.

L'influence des matières grasses et azotées contenues dans les poils qui constituent cette sorte de coton, sur les résultats de l'analyse, indiquent leur présence et leurs proportions notables.

La première analyse fut faite sur ces poils épurés mécaniquement; la deuxième ne se fit sur la même substance qu'après son épuration complète, à l'aide de l'ammoniaque, l'acide chlorhydrique et l'eau, du chlore, de la potasse et de l'éther.

		1re.	2e.
Substance analysée		261	374
Acide carbonique		462	598
Eau		161,5	220
Composition	Carbone	48,65	44,11
	Hydrogène	6,82	6,52
	Oxygène et azote	44,53	49,37
		100	100

On voit que la première analyse donne un excès de carbone et d'hydrogène, tandis que la deuxième reproduit la composition du tissu ramené à l'état normal de cellulose pure.

COMPOSITION DES MATIÈRES GRASSES QUE CONTIENNENT LES CHAMPIGNONS (*AGARICUS EDULIS*).

Ces substances furent extraites à l'aide d'un mélange d'alcool et d'éther, qu'on fit réagir sur des champignons coupés, desséches et broyés. Obtenues ainsi, elles étaient cristallisables, et retenaient une matière colorante brune, plus soluble dans l'alcool que dans l'éther. Desséchées à 120° dans le vide, elles ont donné les résultats suivants :

Matière employée : 350 milligrammes. On a obtenu : acide carbonique 811 + eau 301, ce qui correspondrait à la composition :

Carbone	64	100
Hydrogène	9,54	
Oxygène	26,46	

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE LA SUBSTANCE GRASSE DU LIÉGE.

Elle fut extraite, en attaquant d'abord la râpure de liége par une solution de chlorure de chaux, afin de désagréger ou de dissoudre la cellulose, puis par l'acide chlorhydrique et l'eau.

Poids de la substance desséchée à + 120° : 311 milligrammes

qui ont donné : acide carbonique 758 + eau 268, d'où l'on déduit la composition :

Carbone	67,36	100
Hydrogène	9,58	
Oxygène	23,06	

La levure de bière doit être considérée, d'après les observations de M. Cagniard de Latour, comme des amas de végétaux rudimentaires, limités, chacun d'eux, à une cellule globuliforme et ce qu'elle contient. Cette matière doit également aux substances grasses et azotées l'excès d'hydrogène de sa composition élémentaire.

Analysée pour le dosage de l'azote, après dessiccation à 110° dans le vide, elle donna les résultats suivants : poids de levure sèche employée, 222 milligrammes; volume de l'azote obtenu, 18 centimètres cubes; pression, 0,745; température, 7,50 : ce qui donnerait 9,65 d'azote pour 100. Elle laissa, après l'incinération, un résidu de 5,8 pour 100 de son poids. Une autre partie, épuisée par l'éther, donna 0,021 de substances grasses. Sa composition immédiate se peut donc représenter ainsi :

Matière azotée et traces de soufre	62,73	100
Enveloppes de cellulose	29,37	
Substances grasses	2,10	
Matières minérales	5,80	

Des végétaux analogues, colorés en rouge, occasionnent la plus grande partie de la coloration des eaux de la mer concentrées au soleil dans les salines. Ils ont été observés par M. Joly et nommés *Monas Dunalii*. Lavés à froid par l'eau, desséchés, épuisés à chaud (60°) par l'alcool, ils cèdent une matière grasse oléiforme, rouge, aromatique, graduellement plus orangée. L'éther en extrait une huile colorée en jaune et les laisse teints encore de cette couleur. Ces petits végétaux contiendraient en totalité 8 de substance grasse pour 100 de leur poids. Quelque incertitude peut rester sur ce dosage, parce qu'ils étaient un peu altérés; mais le fait de la présence d'une matière grasse, plus abondante

même que dans la levure, ne peut être l'objet d'un doute. Toutes les feuilles des plantes phanérogames ont présenté à l'analyse immédiate de 2 à 5 pour 100 de matières cireuses, grasses et oléiformes; plus, des substances azotées, des huiles essentielles et des matières colorantes solubles dans l'alcool.

C'est donc aux *matières grasses* que l'on doit, surtout, attribuer les fortes proportions de carbone et l'excès d'hydrogène obtenus lorsqu'on les analyse à l'état normal.

Le rôle de ces matières dans les actes de la vie végétale me semble d'autant plus important, qu'elles se sont rencontrées en grandes proportions dans les cotylédons de toutes les graines que j'ai analysées.

Les faits qui précèdent rendront facile à comprendre le fort dosage en carbone et l'excès d'hydrogène obtenus dans toutes les analyses des tissus mous des végétaux pris à l'état normal, encore bien que la trame organique de toutes leurs cellules, parfaitement épurée, ne contienne que 0,444 de carbone, plus 0,555 d'hydrogène et d'oxygène dans le rapport qui constitue l'eau.

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE FEUILLES, POILS ET CHAMPIGNONS ANALYSÉS À L'ÉTAT NORMAL, DESSÉCHÉS DANS LE VIDE À 120° C^x, CENDRES DÉDUITES.

SUBSTANCES ANALYSÉES.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.		EXCÈS d'hydrog. dans 100 de m. organ.	QUANTITÉ de cendres pour 100.
Feuilles vertes de mûrier.....	51,89	6,70	35,73	5,68	100	2,22	12,10
——— d'acacia.....	57,65	6,96	40,86	3,31	100	1,82	9,40
——— de peuplier.....	47,20	6,00	43,50	3,30	100	0,58	12,20
——— d'*ailanthus glandulosa*...	56,19	6,81	33,75	3,25	100	2,60	11,80
——— de graminées.....	49,18	6,59	41,86	2,37	100	1,36	12,25
——— de chicorée.....	48,89	6,17	41,44	3,50	100	1,02	10,80
Poils des graines de peuplier.....	48,65	6,82	42,03	2,00	100	1,57	1,30
Champignons de couche.....	49,78	7,75	33,76	8,53	100	3,51	5,15

Ce tableau montre qu'en moyenne l'excès de l'hydrogène, dans la substance organique totale des feuilles développées, peut s'élever au delà de 1,80 pour 100. Sans doute les résultats varieraient suivant qu'on ferait porter les analyses sur des feuilles plus jeunes ou plus âgées; mais la conclusion définitive resterait la même, et l'excès d'hydrogène serait toujours plus grand dans ces parties foliacées et dans les cryptogames que dans le bois normal ou lavé.

COMPARAISON ENTRE LES PARTIES RÉSISTANTES DES MEMBRANES ANIMALES ET DES MEMBRANES VÉGÉTALES.

Fibrilles et membranes d'un tendon et d'un intestin de mouton.

Afin de lever d'avance une objection qui pourrait être faite aux conclusions de mon mémoire, j'ai réduit à ses fibrilles les plus résistantes un tendon de bœuf, à l'aide d'opérations mécaniques et chimiques appropriées. En cet état, blanc, diaphane, tel que je le présente, il se gonfle à froid et se dissout à chaud dans l'acide acétique, et, dans l'acide chlorhydrique étendu, sa composition est quaternaire; il reste donc parfaitement distinct des membranes végétales, par ses propriétés comme par sa composition chimique.

Il pouvait être utile de comparer les propriétés des parties douées de cohésions différentes dans les membranes des animaux avec la cellulose, épurées par des moyens analogues. Voulant répéter cette expérience dans des circonstances décisives, je me procurai, chez M. Savaresse, fabricant de cordes harmoniques, un intestin grêle de mouton, réduit, par des frottements énergiques et des macérations dans des solutions faibles de potasse, à sa membrane la plus résistante; il formait alors une enveloppe tubulaire continue tellement mince, qu'il aurait fallu réunir et tordre trois intestins semblables pour égaler le diamètre d'une chanterelle; dans toute sa longueur de 14 mètres, il pesait à peine 5 grammes. On peut juger de sa faible épaisseur en examinant les bouts insufflés que je présente à l'Académie.

En cet état il fut soumis, 1° à des macérations et lavages par l'éther qui enlevèrent des matières grasses; 2° à une immersion à froid dans l'acide acétique concentré, qui opéra un gonflement rapide; 3° à une ébullition, pendant 15 minutes, dans le même acide, qui fit dissoudre une petite quantité de la substance; 4° à l'action d'une solution à 0,1 de potasse, chauffée pendant 5 minutes à 100°. Cette fois, plus des 0,9 du poids de la matière furent entraînés en dissolution; quelques fibrilles et vaisseaux à contours nets encore avaient résisté. La substance organique analysée, soit à l'état normal, soit après chacun des cinq traitements précités, offrit toujours la composition quaternaire riche en azote.

J'arrivai aux mêmes conclusions en traitant ensuite séparément la membrane extérieure qui était plus attaquable, car elle fut dissoute dans l'acide acétique chauffé à 100°. Elle était d'ailleurs, ainsi que la première, contractée par l'eau bouillante et par plusieurs solutions salines froides, contractée et jaunie par l'iode[1], dissoute en totalité par une ébullition prolongée dans la solution à 0,2 de potasse caustique.

Aucune des parties de l'intestin ne saurait donc se confondre par sa constitution chimique avec les tissus des végétaux.

[1] D'après un grand nombre d'essais, M. Donné regarde la coloration jaune par l'iode comme étant propre à toute matière organique, admettant l'azote au nombre de ses principes constituants.

Je n'ai pas trouvé jusqu'ici d'exception à cette règle, du moins en ce qui concerne les différentes parties des corps ou substances organisés.

TABLEAU COMPARATIF DES PROPRIÉTÉS QUI DISTINGUENT LES CELLULES VÉGÉTALES DES MEMBRANES ANIMALES.

	CELLULES VÉGÉTALES bien agrégées, humides.	MEMBRANES des ANIMAUX (hydratées).
Température élevée au rouge.	Le produit condensable le plus abondant, non compris l'eau, est l'*acide acétique;* le résidu charbonneux *n'est pas déformé.*	Le produit distillé le plus abondant, non compris l'eau, est le *carbonate d'ammoniaque;* le résidu charbonneux *est,* très-généralement, *boursouflé.*
Décomposition spontanée.	Produits et résidus acides.	Produits et résidus acides et ammoniacaux.
Iode en solution aqueuse saturée.	Légère contraction. Coloration nulle.	Coloration jaune-orangé, et souvent forte contraction.
Soude et potasse étendues et ammoniaque.	Action peu sensible, même à chaud.	Dissolution plus ou moins complète et rapide à chaud.
Acide chlorhydrique étendu, à chaud.	Action sensiblement nulle.	Dissolution plus ou moins complète.
Acide acétique.	Action nulle.	Dissolution partielle, lente ou rapide à chaud.
Acide tanique (tanin).	Action nulle ou faible contraction.	Contraction plus ou moins forte, combinaison.
Sulfate d'alumine.	Action nulle.	Contraction et combinaison.
Bi-chlorure de mercure.	Action nulle.	Combinaison intime et contraction.
Composition.	Ternaire, bien définie $= (H^2O, C^{24}H^{18}O^9)$: formule unique n'admettant pas d'azote.	Quaternaire, à plusieurs formules, contenant toujours de l'azote, en fortes proportions.

On remarque, dans les effets des réactifs sur différentes membranes et sur quelques produits des animaux, des variations assez notables, mais leur composition et leurs propriétés ne les distinguent pas moins de la trame des cellules végétales.

Ainsi la membrane péritonéale et la membrane musculeuse des intestins se contractent dans l'eau bouillante et même dans l'acide chlorhydrique chaud avant de se désagréger et de se dissoudre, tandis que, dans les mêmes circonstances, les tendons se gonflent d'abord; mais le résultat définitif est le même, et les autres propriétés ci-dessus décrites leur sont communes.

Le mucus solide qui constitue les poils, les ongles, la corne, etc. des animaux, se distingue parfaitement des tissus végétaux par les produits de sa distillation, qui abondent en carbonate d'ammoniaque; par le résidu charbonneux, qui est très-boursouflé; par l'action, soit de l'iode, qui le colore en jaune-orangé, soit des alcalis caustiques, qui le dissolvent; enfin, et surtout, par sa composition quaternaire. Les mêmes propriétés séparent nettement la fibrine et l'albumine de la cellulose ou trame végétale. Enfin, celle-ci, faiblement agrégée [1], se rapproche beaucoup de l'amidon; désagrégée, elle peut être amenée à l'état de dextrine. Sous ces trois formes elle est isomérique, et sa composition est ternaire; enfin, par une combinaison avec les éléments de l'eau, elle se peut transformer en glucose. Rien de semblable n'a lieu relativement aux membranes ni aux produits précités des animaux.

CONCLUSIONS.

Les faits contenus dans ce mémoire me semblent justifier les conclusions générales suivantes :

[1] Lorsque la substance de ces membranes est faiblement agrégée, elle éprouve, de la part de divers réactifs, des influences analogues à celles que subit l'amidon hydraté, quoique beaucoup moins fortes.

1° La cellulose, qui constitue la trame des cellules dans les plantes, offre une composition chimique homogène dans toute l'étendue du règne végétal.

2° Cette substance, représentée par la formule C^{24}, H^{18}, O^{9}, H^{2}, O, est isomérique avec l'amidon, la dextrine, l'inuline normale et l'inuline soluble.

3° Les degrés d'agrégation de la cellulose modifient ses propriétés physiques et sans doute ses qualités nutritives. Fortement agrégée, sa résistance à divers agents chimiques et à l'action digestive est très-remarquable.

4° La médulline, la fungine, la lichénine, la lignine, considérées comme principes immédiats particuliers, n'existent pas. Bien épurées, elles offrent une identité complète avec la cellulose.

5° Le gluten ne constitue pas un tissu; c'est un principe immédiat renfermé dans les cellules du périsperme des fruits de plusieurs céréales.

6° Les substances azotées accompagnent toutes les productions végétales, se trouvent dans toutes les cellules naissantes, mais ne font point partie constituante de la trame de celles-ci, ni d'aucune des enveloppes cellulaires ou vasculaires dans les tissus des végétaux.

7° Les propriétés physiques et chimiques des cellules végétales, comparées avec les propriétés des membranes des animaux, établissent une démarcation nette entre elles. Les premières ont une composition ternaire qui exclut l'azote; les dernières offrent constamment une composition quaternaire azotée.

Ainsi donc, les corps doués des principales fonctions vitales qui admettent l'azote au nombre de leurs éléments constitutifs sont, *dans les plantes, enveloppés par une trame organique formée de cellulose,* tandis que *les substances azotées qui constituent les animaux proprement dits ne sont pas enfermées dans des enveloppes de matière organique non azotée.* La présence ou l'absence des enve-

loppes de cellulose établit une distinction précise entre les individus des deux règnes. Cette distinction fondamentale permet, en outre, de ramener vers une immense unité de composition élémentaire tous les êtres vivants de la nature.

EXPLICATION

DES FIGURES DE LA PLANCHE PREMIÈRE.

(2e SÉRIE DES PLANCHES.)

DIFFÉRENTS ÉTATS DE LA CELLULOSE.

Fig. 1. Cellulose formant les parois minces des cellules de l'*Æschynomene paludosa*.

a. Cellules à l'état normal.

b. Cellulose se désagrégeant par l'acide sulfurique, et prenant la coloration bleue sous l'influence de l'iode.

c''. Légères membranes azotées internes, restant après la dissolution complète de la cellulose passée à l'état de dextrine.

Fig. 2, *a*. Cellulose formant les parois très-épaisses des cellules du périsperme de *Phytelephas*, coupé perpendiculairement à l'axe et à la surface.

b. Cavités cylindriques des cellules auxquelles aboutissent un grand nombre de petits conduits dirigés vers les cellules voisines.

a'. Cellulose imprégnée d'iode, se désagrégeant en *a''* sous l'influence de l'acide sulfurique, et prenant alors le caractère de la substance amylacée, la couleur bleue ou violette, par l'effet de l'iode.

b', *b''*. Parois des cavités altérées par les phénomènes ci-dessus décrits, laissant voir les matières azotées jaunies par l'iode.

Fig. 3. Coupe du même périsperme parallèle à la superficie : les mêmes lettres indiquent les parties semblables.

Fig. 4. Coupe parallèle à la précédente, mais plus rapprochée de la superficie : elle montre des lignes de démarcation entre

les cellules et les sécrétions huileuses plus abondantes, laissant voir en a' et a'' des gouttelettes oléiformes en se désagrégeant.

Fig. 5. Cellulose sous la forme de tubes longs, à parois épaisses, constituant les fibres textiles du chanvre.

Une coupe de ces tubes, perpendiculaire à leur axe, montre leur épaisseur.

a. Tubes à l'état normal, entourés de substance azotée.

a', a''. Partie attaquée au moyen de l'acide sulfurique, donnant une coloration bleue par l'iode.

Fig. 6, a, a', a''. Parties semblables des fibres textiles du lin.

Fig. 7, a, a', a''. Poils textiles extraits des graines de coton. Leur faible épaisseur explique la résistance moindre des fils et tissus de coton. L'iode et l'acide sulfurique donnent la coloration caractérisant la cellulose.

Fig. 8. Aubier du bois de chêne. Les fibres ligneuses y sont coupées perpendiculairement à leur axe. La cellulose, qui constitue les parois de ces fibres, est pénétrée de la substance ligneuse.

Fig. 9. Cœur du même bois, dans lequel l'épaisseur des fibres ligneuses est augmentée par des couches superposées plus abondantes en incrustations ligneuses. La cellulose y est donc en proportions moins fortes, quoiqu'elle y forme, comme toujours, la substance plastique souple qui maintient les tissus.

Fig. 10. Coupe d'un cotylédon de graine de lin montrant en a, a deux cellules qui renferment un tissu azoté rempli lui-même de sphérules d'huile grasse. En a', a', a', on remarque la désagrégation du tissu azoté par l'acide sulfurique en présence de l'iode, laissant échapper l'huile qui se réunit en gouttes plus ou moins grosses et développant une coloration orangée, tandis que la désagrégation de la cellulose produit une coloration violette.

Fig. 11. Coupe d'une graine de ricin montrant en a des cellules vides, et d'autres en partie pleines de sécrétions oléifères; dans les cellules a' on voit ces sécrétions désagrégées laissant sortir et réunir l'huile en gouttelettes.

Fig. 12. Coupe d'une portion de fruit du blé, perpendiculaire à l'axe de ce fruit.

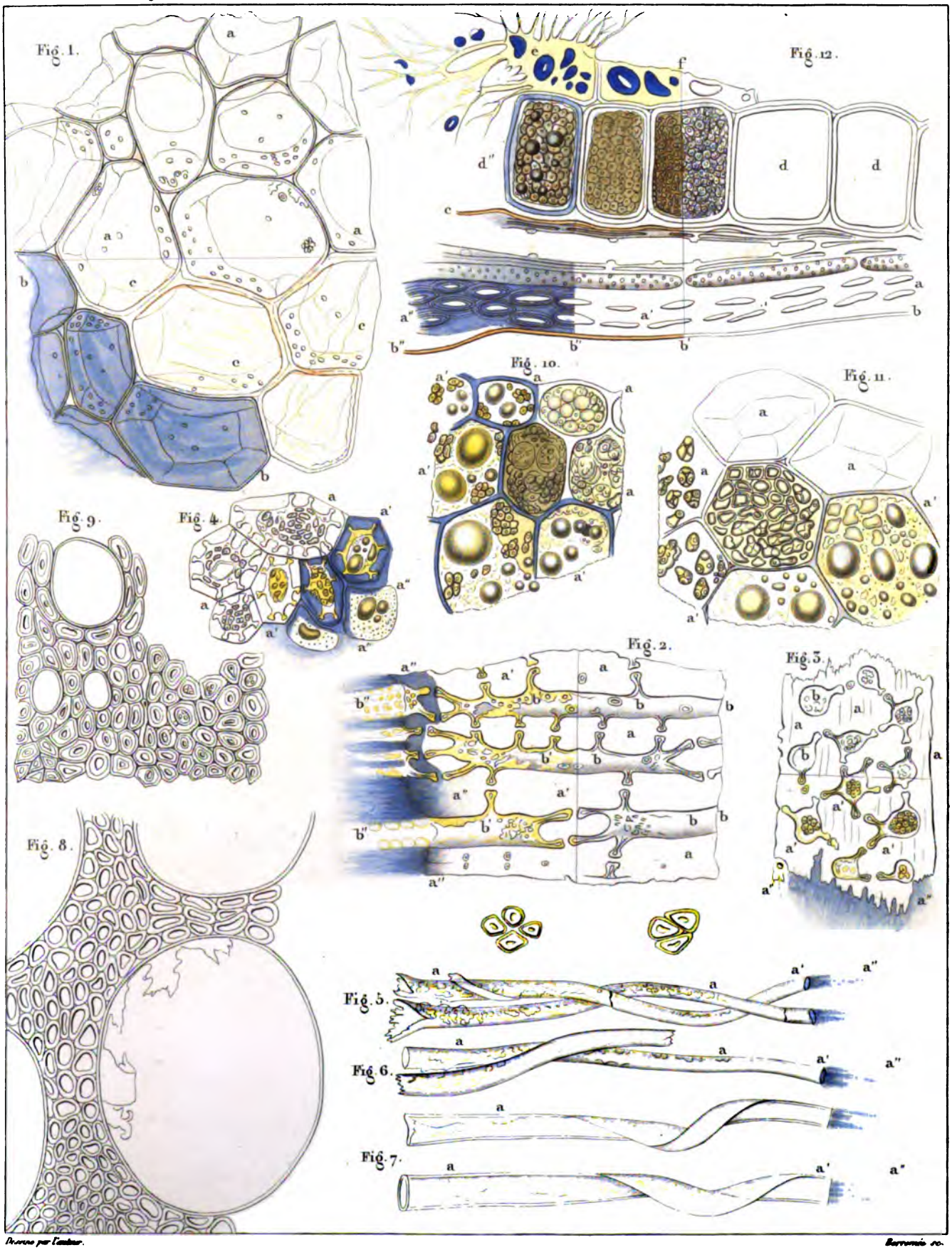
a, *a*. Cellulose constituant les épaisses parois des cellules du tégument.

a'. Les mêmes cellules disloquées par l'action de l'acide sulfurique et bleuies par l'iode.

b, *b'*. Pellicule périphérique de cellulose imprégnée de substance azotée, qui la rend plus résistante à l'acide, et lui fait prendre une coloration jaune orangée par l'iode.

d, *d'*, *d''*. Cellules sous-épidermiques du périsperme renfermant une matière grasse, dans un réseau organique azoté : on voit en *c'''* le réseau désagrégé par l'acide sulfurique, laissant apparaître la matière grasse en gouttelettes oléiformes.

e, *f*. Gluten étiré, jauni par l'iode et grains d'amidon bleuis par le même réactif; ces deux principes immédiats se trouvent dans les cellules du périsperme, sous les enveloppes et tissus précédents.



Dessiné par l'Auteur. Barremin sc.

Cellulose, bois, Secrétions huileuses.

MÉMOIRE

SUR

LES DÉVELOPPEMENTS DES VÉGÉTAUX.

QUATRIÈME MÉMOIRE.

TISSUS LIGNEUX.

ÉTAT NATUREL, CARACTÈRES PHYSIQUES, STRUCTURE, COMPOSITION IMMÉDIATE ET ÉLÉMENTAIRE DES INCRUSTATIONS LIGNEUSES : CELLULOSE, LIGNOSE, LIGNONE, LIGNIN ET LIGNIRÉOSE; COMPOSITION DES TOURBES.

Les tiges ligneuses diffèrent beaucoup, par leurs propriétés physiques et chimiques, des tissus principalement formés de cellulose.

Tous les bois présentent, en effet, dans leur composition, quelque variable qu'elle soit d'ailleurs, des proportions d'hydrogène plus fortes que celles qu'exigerait leur oxygène pour former de l'eau [1].

Ce dernier fait, que j'ai constaté par des analyses élémentaires et immédiates multipliées, aurait pu se déduire des nombres trouvés par MM. Thénard et Gay-Lussac, si l'on n'eût admis, avec ces illustres chimistes, que l'excès d'hydrogène obtenu par eux dépendait d'une légère imperfection dans le procédé analytique dont ils ont enrichi la science.

[1] Jusqu'à l'époque où ce mémoire fut soumis à l'Académie des sciences (17 décembre 1838), on admettait généralement, dans les ouvrages de chimie et de physiologie végétale, que le ligneux ou bois épuré était composé de carbone, plus d'hydrogène et d'oxygène, dans les proportions qui constituent l'eau.

En effet, dans la dernière édition de sa Physiologie végétale, M. Decandole présente ainsi

On verra plus loin comment je suis parvenu, d'ailleurs, à rendre évidente cette première donnée générale, en soumettant aux analyses la matière ligneuse séparée de la cellulose; celle-ci ayant, comme on le sait aujourd'hui, une composition bien déterminée, o,444... de carbone, et toujours l'hydrogène et l'oxygène dans les rapports de la composition de l'eau. (Voyez ci-dessus mon troisième mémoire.)

Une conséquence importante me parut immédiatement ressortir de la démonstration d'un excès d'hydrogène dans les éléments des tissus ligneux : cela indiquait effectivement une fixation d'hydrogène dans les actes de la nutrition végétale, conclusion qui devenait l'expression exacte d'une incontestable vérité, si l'on admettait, en outre, comme mes analyses l'ont prouvé, que les jeunes organes des végétaux, les parties herbacées et les feuilles

la composition du bois *épuré* par l'alcool, l'eau, l'acide chlorhydrique et une dernière fois par l'eau : il le nomme *lignine*.

	CARBONE.	EAU ou ses éléments	
Chêne	52,53	47,47	D'après MM. Thénard et Gay-Lussac.
Hêtre	51,45	48,55	
Bois de fer	53,44	46,56	
Buis	50	50	Suivant Prout.
Saule	49,80	50,20	*Id.* *id.*

M. Decandole admet, en outre, comme les chimistes le supposaient alors eux-mêmes, que cette lignine était convertie en *gomme* et *sucre de raisin* par l'acide sulfurique, tandis que ces propriétés appartiennent à la cellulose, qui donne de la dextrine et de la glucose.

M. Decandole, au reste, émet des doutes sur quelques autres données admises, qui effectivement étaient fausses ou incertaines. Il demande si l'identité des fibres du chanvre avec celles du bois est bien réelle; si les distinctions entre la méduline, la subérine et la lignine sont parfaitement fondées; si les fibres de l'*Agave* et celles du *Phormium tenax* ont la composition du corps ligneux ou des écorces; si le coton diffère de la lignine; si la fungine ne serait pas une variété de la lignine, etc. On voit combien ces points de la science, fort clairs aujourd'hui, étaient alors obscurs.

donnent aussi un excès d'hydrogène. Telle est donc l'une des lois générales de la composition élémentaire de toutes les plantes prises dans leur ensemble, loi qui se rattache directement, elle-même, au fait général que je viens de signaler parmi les phénomènes de la nutrition des végétaux.

Il en résulte encore que la quantité de chaleur développée par la combustion des différents bois dépend, non-seulement de la proportion de carbone, mais encore de la quantité d'hydrogène en excès qu'ils contiennent.

Je vais présenter d'abord quelques-uns des résultats analytiques sur lesquels se sont fondées les considérations qui précèdent, et les nouvelles recherches que je fus conduit à entreprendre. J'indiquerai ensuite les principales applications qui en découlent pour l'organographie et la physiologie végétales.

Analyse du bois de Sainte-Lucie.

A l'état normal séché dans le vide sec à 170°.

Bois employé		= 0,441
Acide carbonique obtenu		= 0,852
Eau		= 0,239
Carbone	= 52,40	= 100
Hydrogène	= 5,90	
Oxygène	= 41,70	

Analyse du bois d'ébénier de Madagascar.

A l'état normal, séché dans le vide sec à 170°:

Bois employé		= 0,405
Acide carbonique obtenu		= 0,787
Eau		= 0,196
C	= 52,60	= 100
H	= 5,25	
O	= 42,15	

Analyse du bois d'ébénier de Madagascar.

Traité par l'eau, contenant 3 pour 100 d'ammoniaque, exposé pendant 2 heures à la température de l'eau bouillante, puis par l'eau aiguisée de 5 pour 100 d'acide chlorhydrique, maintenu à la même température pendant 2 heures, lavé à l'eau distillée bouillante, et enfin séché dans le vide sec à 160°.

Bois employé				= 0,321	
Acide carbonique				= 0,612	
Eau				= 0,168	
C	= 52,64	= 100, ou cendres déduites, =	Carbone	52,85	= 100
H	= 5,87		Hydrogène	6	
O	= 41,79		Oxygène	41,15	

Analyse du bois de Sainte-Lucie.

Partie très-dure provenant du cœur [1], traité de la même manière, séché dans le vide sec à 170°, laisse $0^{m},4$ de cendres (à l'état normal il laisse $0^{m},81$ de cendres).

Bois employé				= 0,383	
Acide carbonique				= 0,732	
Eau				= 0,213	
C	= 52,74	= 100, ou cendres déduites, =	Carbone	52,90	= 100
H	= 6,05		Hydrogène	6,07	
O	= 41,21		Oxygène	41,03	

Analyse du noyau de la noix de coco.

A l'état normal, séché dans le vide à 150°.

Substance				= 0,496	
Acide carbonique				= 0,898	
Eau				= 0,262	
C	50,00 =	= 100, en tenant compte de la cendre, =	Carbone	50,5	= 100
H	5,74 =		Hydrogène	5,8	
O	44,26 =		Oxygène	43,7	

[1] Le bois de cœur de chêne, provenant d'un arbre ayant environ cent cinquante ans, a donné dans une analyse 52,5 de carbone pour 100.

Analyse des coques de noix du *Juglans regia*.

A l'état normal, séchées dans le vide à 160°.

Substance employée	= 0,836	
Acide carbonique	= 1,556	
Eau	= 0,453	
C	= 51,43	= 100
H	= 5,90	
O	= 42,67	

L'incinération de cette substance a donné 1 pour 100 de cendre.

En déduisant la cendre de la substance employée pour l'analyse, le poids de celle-ci égale 828 milligrammes, et l'on aura :

Carbone	= 51,92	= 100
Hydrogène	= 5,96	
Oxygène	= 42,12	

Deuxième analyse des coques de noix.

A l'état normal, séchées dans le vide à 170°.

Substance employée	= 0,603	en tenant compte de la cendre = 0,597.
Acide carbonique	= 1,116	
Eau	= 0,317	
C	= 51,75	= 100
H	= 5,77	
O	= 42,48	

Troisième analyse des coques de noix du *Juglans regia*.

Lavées par l'eau contenant 0,01 d'ammoniaque, puis par l'acide chlorhydrique à 0,02, enfin à l'eau distillée et séchées dans le vide à 150°.

Substance employée	529 millig.	=	Carbone	51,79 = 100
Acide carbonique obtenu	1,006		Hydrogène	6,20
Eau	0.301		Oxygène	42,01

Analyse du bois de chêne.

Épuré par l'eau froide, l'eau distillée à chaud, par l'eau aiguisée de 0,05 d'acide hydrochlorique, maintenue en contact à 80° pendant 2 heures, puis par l'eau distillée maintenue chaude à 80° pendant 2 heures, lavé, et enfin séché dans le vide à 180°.

Substance employée	= 0,364	
Acide carbonique	= 0,657	
Eau	= 0,201	
C	= 49,72	= 100
H	= 6,01	
O	= 44,27	

Troisième analyse : épuré comme ci-dessus.

Substance	= 0,340	
Acide carbonique	= 0,617	
Eau	= 0,198	
C	= 50,00	= 100
H	= 6,31	
O	= 43,69	

Analyse du bois de hêtre.

Macéré trois jours dans l'eau distillée tiède, traité par l'eau contenant 3 pour 100 d'ammoniaque, par l'eau aiguisée de 5 pour 100 d'acide chlorhydrique, et lavé à l'eau distillée bouillante, séché dans le vide à 160°.

Substance	= 0,537	
Acide carbonique obtenu	= 1,046	
Eau	= 0,330	
C	= 49,23	= 100
H	= 6,11	
O	= 44,66	

Analyse du bois de tremble.

Le bois de tremble lavé a donné, pour $0^{gr},350$:

Acide carbonique.....	0,607	Carbone.....	47,7
Eau.....	0,307	Hydrogène...	6,4
d'où l'on déduit		Oxygène.....	45,9

TIGE D'*HERMINIERA* (BILOR DES NÈGRES DU SÉNÉGAL).

Analysée à l'état normal, 0,727 ont donné :

Acide carbonique.....	1,241	Carbone...	47,18
Eau.....	0,397	Hydrogène.	5,94
d'où l'on tire 100 =		Oxygène...	46,88

Analyse du bois de sapin.

Lavé par une solution de potasse, l'eau et l'acide chlorhydrique étendu, séché à 100° dans le vide.

417^{millig} ont donné 734^{millig} d'acide carbonique et 237^{millig} d'eau, ce qui correspond à la composition élémentaire suivante :

Carbone.....	51,79	
Hydrogène.....	6,28	= 100
Oxygène.....	41,93	

Analyse du bois de peuplier.

Matière 277, acide carbonique 471, eau 145; d'où l'on déduit la composition :

Carbone.....	47,	
Hydrogène.....	5,80	= 100
Oxygène.....	47,20	

Analyse du bois de cormier.

Séché à 160°, laissant 1,4 de cendre pour 100.

Substance employée 464^{millig}, acide carbonique 810, eau 254; d'où l'on tire pour sa composition, cendres déduites :

Carbone.....	48,69	
Hydrogène.....	6,03	= 100
Oxygène.....	45,18	

On appréciera sans peine les principales différences qui existent dans la composition des substances ligneuses de diverses origines, en jetant un coup d'œil sur le tableau synoptique suivant : il résume les données déduites des analyses ci-dessus décrites.

TABLEAU DE LA COMPOSITION DE DIFFÉRENTS BOIS LAVÉS.

SUBSTANCES LIGNEUSES.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	ÉQUIVALENT en charbon comme combustible.
Bois de Sainte-Lucie	52,90	6,07	41,03	55,35
Ébène de Madagascar	52,85	6	41,15	53,75
Ligneux de noix ordinaire	51.92	5,96	42,12	53,92
——— de noix de coco	50,50	5,80	43,70	52
Sapin	51,79	6,28	41,93	54,7
Chêne suivant MM. Thénard et Gay-Lussac.	51,45	5,82	42,73	52,9
Chêne	50	6,20	43,80	52,3
Hêtre	49,25	6.1	44,65	51,4
Cormier	48,69	6,03	45,18	50
Tremble	47,70	6,40	45,90	49,7
Herminiera	47,18	5,94	46,88	47,4
Peuplier suisse	47	5,80	47,20	47,2
Cellulose	44,44	6,18	49,38	44,44

On voit qu'entre les tissus végétaux plus ou moins incrustés par la substance ligneuse, des différences notables de composition élémentaire se décèlent; qu'à poids égal un bois très-dur ou *résineux* pourra contenir une quantité de carbone plus grande d'un dixième que la quantité contenue dans un bois très-tendre. Cette différence serait plus considérable encore si l'on comparait le

même bois dur avec le tissu végétal pur (cellulose) : elle s'élèverait dans ce cas, à deux dixièmes.

Ce tableau montre encore que tous les tissus contenant des incrustations ligneuses offrent dans leur composition élémentaire un excès d'hydrogène. L'influence de cet excès d'hydrogène sur l'effet calorifique des bois s'évalue sans difficulté, si l'on se rappelle qu'à poids égal l'hydrogène exige trois fois plus d'oxygène en se brûlant, pour former de l'eau, que le carbone pour produire de l'acide carbonique, et que, par cette combustion, l'hydrogène développe au moins trois fois plus de chaleur.

Si donc on calcule l'excès d'hydrogène de chacun des combustibles en déduisant de la quantité totale celle qui est nécessaire pour former de l'eau avec l'oxygène, de chacune de ces compositions, on pourra multiplier par trois cet excès, afin d'avoir son équivalent en charbon; puis, ajoutant ce nombre au chiffre qui exprime le carbone trouvé par l'analyse, on aura l'équivalent total en charbon représenté par la composition élémentaire sous le point de vue de la valeur calorifique de chacun de ces combustibles.

Telle est la marche que j'ai suivie pour trouver les nombres de la dernière colonne du tableau : ils montrent que, sous ce rapport, les produits ligneux diffèrent plus encore entre eux.

A la vérité, suivant qu'on prendrait les tiges ligneuses de plantes plus ou moins âgées, on pourrait faire varier ces rapports; mais rien d'essentiel ne serait changé aux conclusions générales, et personne, après un examen attentif, ne voudrait aujourd'hui soutenir, comme on le croyait naguère, que la composition du bois fût équivalente à du carbone plus de l'eau, ni que les tissus ligneux des divers végétaux, lavés et desséchés, représentassent, à poids égal, la même quantité de combustible, eussent, en un mot, la même valeur calorifique.

Pour moi, le fait n'était plus douteux, mais je voulus en approfondir les causes, et, afin d'y parvenir, étudier les produits de la végétation les plus divers en apparence, pourvu qu'ils présen-

tassent, par leurs caractères physiques et leur composition élémentaire, une analogie évidente avec les produits ligneux que j'avais précédemment examinés.

Ceux-ci peuvent être séparés en deux classes : la première, comprenant les tissus lentement incrustés, tels qu'on les voit dans les tiges dont les fibres ligneuses passent, d'année en année et par couches concentriques, de l'état d'aubier à l'état de bois de cœur et continuent durant des siècles à s'incruster et durcir; la seconde classe, renfermant tous les tissus ligneux rapidement développés, comme, par exemple, dans les noyaux de différents fruits.

Je cherchai d'abord à reconnaître si quelques dispositions particulières de structure pouvaient me faire retrouver les sécrétions ligneuses dans les diverses parties des végétaux. Voici les résultats de ces investigations.

STRUCTURE DES INCRUSTATIONS LIGNEUSES.

Depuis fort longtemps les organographes nous ont appris comment les fibres ligneuses des bois durs s'épaississent graduellement, par couches concentriques, dans chacune d'elles, et au point de rétrécir presque jusqu'à obstruction complète la cavité qui entoure leur axe.

Mais la nature même de ces couches superposées n'était pas connue.

Les cellules des tissus qui doivent devenir ligneux sont principalement formées de cellulose avant toute incrustation. C'était une première donnée acquise par suite de mon précédent travail.

Ainsi dans l'aubier du chêne, par exemple, tel que le montre la figure 8, planche I, les fibres, coupées par un plan perpendiculaire à leur axe, montrent des parois moins épaissies, des canaux à plus large section, et sont plus abondantes en cellulose que dans le cœur du même bois. Ici, comme elles sont indiquées par la figure 9, les incrustations, superposées concentriquement, ont presque rempli toutes les cavités; ces incrustations sont per-

forées de quelques canalicules généralement perpendiculaires à la superficie des fibres ou clostres, et dirigés vers l'axe.

Les cellules de formes variées, allongées, ligneuses, si rapidement incrustées dans les coques dures des noix et des cocos, présentent, sous le microscope, des couches concentriques semblables à celles des fibres du bois; des canalicules beaucoup plus nombreux s'y remarquent, traversant toutes les couches des incrustations dans des directions aussi perpendiculaires à la surface de la cellule et débouchant dans la cavité restée libre.

La même structure et des dispositions semblables, quant aux canalicules, se remarquent dans toutes les cellules incrustées de matière organique ligneuse parmi les divers tissus où je suis parvenu à les observer et que je vais décrire.

ÉTAT NATUREL DES CONCRÉTIONS LIGNEUSES.

Les concrétions organiques qui, par leurs fortes proportions, donnent aux bois durs leurs caractères spéciaux et particulièrement une dureté remarquable, une grande densité, au point de les rendre même fragiles, susceptibles de poli, difficiles à couper par les tranchants fins, capables d'ébrécher l'acier; ces concrétions qui, dans les bois, constituent le *duramen,* ainsi dénommé par M. Dutrochet, se retrouvent dans certaines parties d'une foule de plantes; elles remplissent souvent des cellules isolées ou groupées en nombre variable au milieu des tissus cellulaires.

Ainsi donc, non-seulement ces concrétions distinguent les fibres ligneuses, mais elles caractérisent encore une classe nombreuse de sécrétions plus ou moins rapidement développées dans les fruits et dans les écorces.

DISPOSITIONS ET EXTRACTION DES CONCRÉTIONS LIGNEUSES CONTENUES DANS LES FRUITS ET LES ÉCORCES.

L'assemblage en un tissu nettement terminé des cellules in-

crustées par la matière organique ligneuse constitue les enveloppes ligneuses, dures, cassantes des noix de diverses espèces, des noisettes et des amandes; les noyaux d'un grand nombre de fruits: prunes, abricots, cerises, pêches; les nucules des nèfles, etc.

On retrouve dans les fruits du dattier, non dans le périsperme, que l'on nomme vulgairement noyau de dattes (voyez sa composition p. 15), mais dans la pulpe charnue, sous le tissu herbacé qui touche à l'épiderme, des cellules presque entièrement remplies par l'incrustation ligneuse. Elles sont allongées, leur grand axe est perpendiculaire à la surface du fruit; en contact les unes avec les autres, elles forment ainsi une rangée continue, une sorte d'enveloppe mince et sans consistance de la pulpe sucrée.

On trouve dans les poires un grand nombre de cellules ainsi concrétionnées sous le tissu que recouvre l'épiderme. Ces cellules, irrégulièrement arrondies ou polyédriques, sont agglomérées par groupes rapprochés qui forment une couche *pierreuse* sous la peau. On les retrouve nombreuses autour de l'axe du fruit, et plus abondantes encore et serrées, composant une sorte de noyau irrégulier autour des loges qui recèlent les pépins; enfin, des groupes de cellules incrustées sont, en outre, disséminés dans toute l'épaisseur de la pulpe du fruit, et là on remarque des cellules minces et longues de la drupe convergeant vers ces groupes ligneux auxquels elles adhèrent fortement.

Le volume plus ou moins considérable des agglomérations ligneuses dans la chair des poires les rend plus ou moins *pierreuses*: de là le nom de *sclérogène*, employé par M. Turpin pour désigner la matière dure des concrétions ligneuses et de toutes celles qu'on trouve dans les végétaux; dénomination peu convenable d'ailleurs, car elle s'appliquerait à des substances très-diverses, comprenant, non-seulement plusieurs matières organiques mais encore des composés minéraux, tels que les carbonates de chaux et de magnésie, l'oxalate de chaux, la silice, etc. Les concrétions ligneuses manquent dans les pommes; on les trouve en grand nombre dans les coings.

CONCRÉTIONS LIGNEUSES DANS LES ÉCORCES.

Des cellules incrustées, affectant des formes très-diverses, fortement adhérentes entre elles, constituent les concrétions dures, pierreuses du liége, nombreuses surtout à la partie interne de ce tissu péridermique.

Des concrétions semblables et dans une situation analogue se rencontrent dans l'écorce du mûrier et parfois dans toute son épaisseur.

On les retrouve bien plus abondantes, pressées les unes contre les autres, sans grande adhérence entre elles, constituant une épaisse couche sous les tissus épidermiques de l'écorce de l'*Aylanthus glandulosa*.

J'ai observé un assez grand nombre de ces concrétions formées de cellules polyédriques ou irrégulièrement arrondies, quelquefois sinueuses et bifurquées à la partie interne de l'écorce, sur les gros troncs d'érable (*Acer negundo*), ainsi que dans les bourrelets de l'écorce, qui se trouvent à l'insertion des branches de cet arbre et vers le sommet de l'angle obtus extérieur. Les écorces épaisses de différents chênes présentent des cellules incrustées, longues, arrondies ou polyédriques, parfois bifurquées, réunies en concrétions de dimensions variables qui sont disséminées dans toute l'épaisseur du tissu cortical sous l'épiderme, penètrent jusqu'au milieu des fibres du liber. Se moulant en lames irrégulières dans les espaces libres, elles viennent en contact avec l'aubier. On les distingue, sur les tranches perpendiculaires aux fibres du bois par les taches d'un blanc grisâtre qu'elles forment et que leur dureté caractérise.

On peut extraire mécaniquement les concrétions de l'écorce du chêne commun en raclant la surface interne de cette écorce avec une lame de couteau peu coupante.

L'extraction des concrétions dures des poires offre plus de difficultés en raison de la forte adhérence du tissu cellulaire envi-

ronnant. Voici comment je les ai obtenues en opérant sur des poires de Saint-Germain :

J'enlevai avec un couteau l'épiderme avec une couche mince des tissus sous-jacents.

D'un autre côté, j'excisai et mis à part toute la masse charnue comprise entre les parties enlevées et l'espèce de noyau ou d'enveloppe pierreuse qui entoure l'axe et les loges; ces dernières, ainsi que les pépins, étant éliminées, laissent à nu le tissu qui les environnait, abondant en incrustations plus blanches que celles qui sont contenues dans les pelures.

Chacune des deux parties séparément fut soumise à la coction dans un excès d'eau bouillante pendant quatre heures environ, puis, raclant la face interne des pelures, on en a extrait le tissu pierreux. La matière pulpeuse ainsi obtenue fut triturée légèrement dans un mortier, pendant environ une demi-heure, afin de détacher, par le frottement, le plus grand nombre possible des cellules adhérentes aux concrétions; on sépara ensuite, par lévigations et tamisages, les membranes cellulaires libres, qui restaient en suspension dans le liquide, tandis que les incrustations étaient déjà précipitées; toutefois, pour éliminer plus complétement les membranes, il fallut réduire en poudre la substance pierreuse. Elle se présentait alors, sous le microscope, soit en fragments diaphanes anguleux, soit en *pierres* isolées, et contenait encore quelques agglomérations non désagrégées. Ces parties se déposant dans l'eau pure, avant les débris des membranes minces, on parvint à les séparer par plusieurs lévigations, puis on acheva leur épuration, à l'aide de lavages successifs, dans des solutions d'acide chlorhydrique et d'ammoniaque à 0,05, ayant le soin d'opérer toujours des lavages intermédiaires avec de l'eau pure, et de terminer de même toute l'épuration.

On a desséché alors la substance, dans le vide sec, à la température + 160°.

Les concrétions analysées, en cet état, donnèrent les résultats suivants :

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DES CONCRÉTIONS PRISES SOUS LA PEAU DES POIRES.

CONCRÉTIONS des poires.	SUBSTANCE employée, cendres déduites.	PRODUITS.		COMPOSITION.		
		ACIDE carbonique.	EAU.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.
	milligr.					
1re.....	415	797	233	52,04	6,21	41,75
2e.....	353	679	211	52,97	6,22	40,81
3e.....	287	548	147	52,61	5,67	41,72
4e.....	288	547	171	52,43	6,56	41,01
5e.....	238	446	137	51,80	6,38	41,82
6e.....	230	434	145	52,17	6,95	40,88
TOTAUX.....				313,92	37,99	247,99
				dont $\frac{1}{6}$ = 52,32	6,33	41,33

La composition moyenne, déduite pour ces six analyses, est:

$$\text{Pour } 100 = \left\{\begin{array}{ll} \text{Carbone} & 52{,}32 \\ \text{Hydrogène} & 6{,}33 \\ \text{Oxygène} & 41{,}35 \end{array}\right\} = 100$$

Et l'excès d'hydrogène dans 100 de la matière organique = 1,20. 100 de la substance ont donné 0,2 de cendres.

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DES CONCRÉTIONS EXTRAITES DE L'ÉCORCE DE L'*AILANTHUS GLANDULOSA*.

Lavées successivement par l'eau, l'alcool; traitées par le carbonate de soude pour décomposer l'oxalate de chaux, puis lavées avec les solutions étendues d'ammoniaque, d'acide chlorhydrique et l'eau [1]:

[1] Les concrétions traitées à la température de l'ébullition par le carbonate de potasse ont donné une solution qui, saturée par l'acide chlorhydrique, puis mêlée à l'eau de chaux, laisse

CONCRÉTIONS de l'*Ailanthus glandulosa*.	POIDS de la substance employée, cendres déduites.	PRODUITS OBTENUS.		COMPOSITION.		
		ACIDE carbonique.	EAU.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.
	milligr.					
1re analyse.....	282	545	159	53,43	6,24	40,33
2e *id.*.....	303	573	163	52,27	6,13	41,60
3e *id.*.....	414	798	240	53,28	6,42	41,30
TOTAUX.....				158,98	18,79	123,33

COMPOSITION MOYENNE.

D'après ces trois analyses :

$$100 = \begin{cases} \text{Carbone} \ldots\ldots 52{,}99 \\ \text{Hydrogène} \ldots\ldots 6{,}26 \\ \text{Oxygène} \ldots\ldots 41{,}75 \end{cases}$$

Et l'excès d'hydrogène dans 100 de matière organique = 1,06.

On voit, par les analyses précédentes, que les concrétions des fruits et des écorces paraissent se rapprocher beaucoup de la composition des bois très-durs. Toutes ces substances avaient un principe commun, la cellulose ; mais il fallait de nouvelles recherches pour savoir si la matière incrustante était identique ou variable dans sa composition.

Les concrétions extraites, par les moyens que nous avons indiqués, se présentent, soit dans des cellules entières, soit divisées en fragments anguleux. Plusieurs propriétés chimiques les distinguent de la cellulose pure : l'acide azotique les attaque, en dégageant des vapeurs rutilantes ; les acides sulfurique et chlorhydrique les colorent fortement en brun ; mises en contact avec un mélange de 5 d'acide sulfurique et 1 d'eau, elles se gonflent,

précipiter de l'oxalate de chaux. La substance épurée ainsi ne laisse plus, après l'incinération, que 0,002 au lieu de 0,113 à l'état normal.

brunissent, se désagrégent et se dissolvent; au bout de vingt-quatre heures, cette dissolution, étendue d'eau, laissa précipiter en flocons la substance incrustante, et dissoudre la cellulose interposée, qui avait subi une transformation en dextrine. Broyées avec un mélange d'acide sulfurique et d'eau, à proportions égales, elles se désagrégent en débris de pellicules, ou granules irréguliers.

EXTRACTION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE QUI CARACTÉRISE LES INCRUSTATIONS LIGNEUSES.

Les concrétions normales ont été soumises, avec quatre ou cinq fois leur poids d'une forte solution de soude, à la température de 150 à 200 degrés centésimaux. Ce mélange, refroidi, étendu d'eau, examiné sous le microscope, montra des fragments attaqués : leurs angles étaient arrondis; quelques-uns se sont dissous; les cellules qui avaient le plus résisté avec leurs incrustations étaient cependant attaquées sensiblement; leurs couches superficielles se trouvaient dissoutes ou exfoliées; les canalicules, obstrués par le gonflement des incrustations; la cavité centrale, par le même effet, avait diminué ou était remplie complétement.

La température du mélange des concrétions et d'alcali ayant été élevée, après évaporation, jusqu'à 250°, la plus grande partie de la matière organique se put ensuite facilement dissoudre, en y ajoutant de l'eau et portant à l'ébullition. La solution, filtrée, puis saturée par un excès d'acide chlorhydrique, laissa précipiter la plus grande partie de la substance organique, qui avait été dissoute. Je me proposai d'obtenir le même résultat et, de plus, d'éviter toute altération provenant d'une trop haute température, et qu'annonçait parfois un dégagement d'hydrogène, pendant le traitement par la potasse ou la soude. Pour atteindre ce but, il fallut diviser mécaniquement, et le plus possible, les parties incrustées, c'est-à-dire les concrétions des fruits et des écorces, en les broyant à sec d'abord, puis ensuite à la molette, sur une table de granit ou de porphyre, au moyen de l'eau. Quant aux bois,

plus ou moins incrustés, ils furent divisés à sec, à l'aide d'une lime ; puis on termina, de même, par un broyage à l'eau, suffisamment prolongé.

Dans cet état de grande division, les matières ligneuses, épurées par les dissolvants ordinaires (eau, alcool, acide et alcali faibles)[1], furent ensuite attaquées suffisamment par la solution de soude ou de potasse chauffée au bain d'huile, sans élever la température au point de courir le risque de déterminer un dégagement gazeux.

Ce mode d'opérer offre encore l'avantage d'isoler des matières ligneuses la cellulose moins attaquée. Il convient, pour obtenir celle-ci bien pure, de renouveler deux ou trois fois encore le même traitement par l'alcali caustique, après avoir enlevé, par des lavages, les parties dissoutes.

La matière incrustante, dissoute par la soude ou la potasse, avec les précautions que nous venons d'indiquer, et sans avoir donné lieu à un dégagement sensible d'hydrogène, fut précipitée, en saturant la solution alcaline par l'acide chlorhydrique, jusqu'à léger excès.

Le précipité, recueilli sur un filtre, puis lavé, égoutté et desséché, représentait la matière organique séparée de la cellulose pour chacune des concrétions ligneuses.

Les substances incrustantes ainsi obtenues du chêne, du hêtre, du sapin et du noyau des fruits de l'amandier, étaient dures et fragiles ; réduites en poudre, elles avaient une couleur fauve et présentaient des caractères semblables en apparence, quoiqu'elles eussent des origines différentes. On pouvait supposer qu'effectivement leur nature était la même dans toutes ces matières ligneuses, comme la composition de la cellulose s'était montrée identique dans tous les tissus végétaux ; mais les analyses comparées des substances incrustantes du chêne, du hêtre et du sapin

[1] Lorsqu'il se rencontra des proportions notables d'oxalate de chaux, comme parmi les concrétions d'*Aylanthus glandulosa*, on dut traiter d'abord par le carbonate de soude.

ont montré que ces substances n'ont pas une composition élémentaire identique.

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DES SUBSTANCES INCRUSTANTES.

	SUBSTANCE employée.	PRODUITS OBTENUS.		COMPOSITION.		
		ACIDE carbonique.	EAU.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.
	milligr.					
Hêtre.....	713	1,374	402	53,67	6,23	40,10
Idem.....	589	1,150	321	53,80	6,01	40,19
Sapin.....	567	1,218	282	59,36	5,51	35,13
Chêne.....	434	903	242	57,37	6,17	36,46

Plusieurs autres analyses de la substance incrustante, provenant de différentes matières ligneuses, donnèrent encore des résultats peu concordants entre eux; extraite des concrétions corticales de l'*Aylanthus glandulosa*, elle était moins colorée; il paraissait donc bien probable que les incrustations organiques différaient dans certains tissus ligneux, soit qu'elles constituassent autant de principes immédiats distincts, soit qu'elles continssent des principes communs, mais en proportions différentes. Cette dernière hypothèse se trouva justifiée par les résultats suivants.

COMPOSITION IMMÉDIATE DES INCRUSTATIONS LIGNEUSES.

Après diverses tentatives, je m'arrêtai aux procédés suivants pour séparer les principes immédiats qui entrent dans la composition des incrustations ligneuses.

La dissolution de la matière incrustante étant opérée par la soude ou la potasse caustiques, en observant les précautions recommandées plus haut, on la précipitait, à l'aide d'un excès

d'acide chlorhydrique; des lavages par l'eau pure éliminaient ensuite le chlorure formé.

La matière organique, desséchée alors et pulvérisée en poudre impalpable, étant mise en contact avec l'alcool et lavée jusqu'à épuisement par ce véhicule, on obtint deux produits : l'un, insoluble dans l'alcool, se montrait, sous le microscope, en fragments irréguliers ; il fut desséché, sans autre préparation ; l'autre, soluble dans l'alcool, plus à chaud qu'à froid, se déposait, par le refroidissement, sous forme d'un précipité, offrant sous le microscope l'apparence de sphérules agglomérées en nombre plus ou moins considérable. Toute la solution alcoolique, évaporée à sec, laissait un résidu semblable. La totalité du produit soluble fut desséchée pour l'analyse. Voici la composition de ces deux produits, extraits de la substance incrustante du hêtre, de l'*Aylanthus glandulosa* (concrétions corticales), et de l'enveloppe ligneuse des fruits de l'amandier (*Amygdalus sativa*).

Analyses élémentaires des incrustations ligneuses.

	SUBSTANCE EMPLOYÉE.	POIDS en milligrammes.	PRODUITS OBTENUS.		COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE en centièmes.		
			ACIDE carbonique.	EAU.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.
Partie insoluble dans l'alcool.	Des incrustations du hêtre.	442	750	252	46,83	5,31	46,86
	Idem	897	1,541	489	47,49	6,04	46,47
	Idem	448	772	245	47,63	6,12	46,25
	Des incrustations des enveloppes d'amandes...	645	1,122	349	48,01	5,95	46,04
	Composition moyenne[1]..	.....	.....	.....	47,71	6,04	46,25
Partie soluble dans l'alcool.	Des incrustations du hêtre.	465	1,057	275	62,79	6,55	30,66
	Idem de l'*Aylanthus glandulosa*.....	475	1,129	257	65,66	6	28,32
	Idem des enveloppes d'amandes.....	331	741	175	61,63	5,86	32,51

[1] Pour prendre cette moyenne, j'ai dû extraire les premiers résultats obtenus en employant la substance séchée à l'air, et qui retenait des traces d'eau, tandis que les autres, desséchées à 120° dans le vide, étaient anhydres.

On voit que la partie insoluble dans l'alcool des incrustations ligneuses diffère beaucoup, dans sa composition élémentaire, de la partie soluble, relativement à la proportion de carbone que chacune d'elles contient; du reste, l'analyse des deux parties réunies dans le précipité brut de ces incrustations s'accorde avec la somme des nombres obtenus par les analyses immédiates et élémentaires des deux parties séparées. En effet, pour le hêtre, la partie insoluble dans l'alcool constitue les 0,6, et la partie soluble les 0,4 de l'incrustation totale; or, en attribuant à chacune d'elles, et dans ces rapports, la composition ci-dessus, on retrouve la composition normale de la matière incrustante. En effet, on obtient ainsi les équations suivantes :

$$\left.\begin{array}{l} 6 \times 47{,}7 = 286{,}2 \\ 4 \times 62{,}8 = 251{,}2 \end{array}\right\} = 537{,}4 \text{ et } \frac{537{,}4}{10} = 53{,}74$$

L'analyse immédiate de l'incrustation précipitée brute du chêne expliquait également la composition élémentaire de cette incrustation (voyez page 271); en effet, elle donna sensiblement 0,4 de substance insoluble dans l'alcool, et 0,6 de substance soluble; ce qui permettait d'établir les équations ci-dessous :

$$\left.\begin{array}{l} 4 \times 47{,}7 = 190{,}8 \\ 6 \times 62{,}8 = 376{,}8 \end{array}\right\} = 567{,}6 \text{ et } \frac{567{,}6}{10} = 56{,}76$$

Quelque satisfaisante que fût la concordance de ces nombres, on ne pouvait s'en contenter, même comme d'une approximation, surtout pour d'autres substances ligneuses, car on devait remarquer, dans les trois analyses de la partie soluble, 1° du hêtre, 2° de l'*Aylanthus glandulosa*, et 3° des coques d'amandes, des différences telles, qu'il fallait admettre une matière différente pour chacune de ces parties, ou bien la réunion, dans des rapports différents, de deux substances semblables dans chacune d'elles.

Je fus ainsi conduit à essayer la séparation de deux produits immédiats, et j'y parvins en employant l'éther. Ce liquide a dissous, en effet, une portion de la substance obtenue par l'alcool,

et laissé une autre portion insoluble. La partie dissoute par l'éther s'obtint, à l'état solide, en laissant évaporer le liquide spontanément; toutefois la quantité recueillie de cette manière était trop faible pour expliquer les différences observées, en ayant égard à sa composition [1].

Désirant obtenir une séparation plus complète, j'essayai de dissoudre toute la substance extraite par l'alcool, dans un mélange d'un volume d'alcool et deux volumes d'éther, puis de séparer par l'eau la solution éthérée; un battage énergique favorisa cette séparation et l'agglomération des particules solides précipitées de la solution alcoolique.

Alors le repos procura une sorte d'analyse spontanée. La plus grande partie de la substance soluble dans l'éther vint surnager avec celui-ci; on l'élimina par décantation, puis en distillant, desséchant le résidu et l'épurant. Broyé par des lavages à l'eau, dissolution dans l'éther, etc. on obtint la substance pure.

Quant à la matière précipitée, insoluble à l'état solide, et adhérente aux parois, après l'avoir recueillie et lavée à l'eau, on l'a dissoute dans l'alcool, qui, filtré, puis évaporé, donna la deuxième substance soluble dans l'alcool. (Il laissa une quantité notable de la matière insoluble, qui, sans doute, après avoir été entraînée une première fois, avait repris assez de cohésion pour résister alors.)

Enfin le liquide au milieu duquel la séparation s'était effectuée fut évaporé; l'ébullition, en chassant l'alcool avec des traces d'éther, et faisant dominer l'eau, précipita une certaine quantité des deux substances solubles dans ces deux véhicules. On les put enlever en écumes; une portion restait adhérente aux parois. L'eau mère, filtrée, conserva une couleur ambrée, qu'elle doit à la présence de la matière soluble dans l'éther, un peu soluble dans l'eau, plus à chaud qu'à froid, se séparant, durant l'évaporation, en pellicules très-minces, qui recouvrent la superficie entière de la solution.

[1] Dans laquelle entrait 0,643 de carbone, comme le montre la première analyse, p. 275.

Toute cette matière, précipitée par le refroidissement, ou séparée en pellicules à chaud, est très-soluble dans l'alcool, d'où l'eau la précipite. Les dépôts qu'elle forme, dans ces trois circonstances, sont jaunâtre-fauve; vus sous le miscroscope, ils se présentent composés de très-petits sphéroïdes diaphanes; leur solution aqueuse, filtrée, est précipitée par les acides sulfurique, chlorhydrique et oxalique, tandis que les acides acétique et azotique augmentent l'action dissolvante de l'eau sur cette substance.

Plusieurs essais de séparation, à l'aide de ces moyens, appliqués à la substance soluble, dans l'alcool des incrustations du hêtre, donnèrent environ 0,10 de matière soluble dans l'éther, et 0,90 de substance insoluble.

Les analyses élémentaires suivantes ont établi des différences notables entre ces deux parties :

Analyses élémentaires des deux matières extraites de la partie soluble dans l'alcool, des incrustations ligneuses.

	SUBSTANCES EMPLOYÉES.	POIDS en milligrammes.	PRODUITS OBTENUS.		COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE en centièmes.		
			ACIDE carbonique.	EAU.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.
Partie insoluble dans l'éther	Des incrustations du chêne.	275	640	178	64,32	7,16	28,52
	Des incrustations du hêtre.	385	934	231	67,01	6,64	26,35
	Idem.....	423,5	1,045	268	68,20	7,01	25,79
	Des incrustations de l'*Aylanthus glandulosa*....	375	931	238	68,52	7,04	24,44
Partie soluble dans l'éther	Des incrustations du chêne.	259	594	139	63,32	5,94	30,74
	Idem du hêtre.....	292	661	155	62,32	5,85	31,83
	Idem de l'*Aylanthus glandulosa*.....	460	1,036	250	62,20	6,01	31,79
	Moyenne.....	.....	.....	.....	62,25	5,93	31,82

Il résulte du tableau ci-dessus qu'en prenant la moyenne des

analyses, sans y comprendre les nombres relatifs aux produits du chêne, entre lesquels, ainsi que nous l'avons vu, la séparation avait été incomplète, on aurait les compositions suivantes :

	PARTIE soluble dans l'éther.	PARTIE insoluble.
Carbone	67,91	62,25
Hydrogène	6,89	5,93
Oxygène	25,20	31,82
	100,00	100,00

Et, en admettant la relation trouvée dans la composition immédiate 0,1 de la première pour 0,9 de la seconde, on a les équations

$$\left.\begin{array}{lll} \text{Carbone} & \dfrac{10\times 67{,}81}{100}+\dfrac{90\times 62{,}25}{100}=62{,}81 & \\ \text{Hydrogène} & \dfrac{10\times 6{,}89}{100}+\dfrac{90\times 5{,}93}{90}=6{,}11 & \\ \text{Oxygène} & 31{,}08 & \end{array}\right\}=100$$

Composition qui se rapproche en effet de l'analyse de la substance entière (partie soluble dans l'alcool, page 272).

Ainsi donc, évidemment la portion soluble dans l'alcool des incrustations organiques du bois se peut subdiviser en deux substances, ayant chacune une composition propre, et dont les rapports différents pouvaient expliquer les différences observées dans la composition élémentaire de cette partie, soluble dans l'alcool, extraite de plusieurs incrustations.

Quant à la partie insoluble dans l'alcool des mêmes incrustations, elle avait donné des résultats analytiques plus rapprochés entre eux, quoique extraits de produits végétaux différents; je

l'avais d'abord, et par cette raison, considérée comme un principe immédiat unique; depuis, en l'étudiant de nouveau, j'ai reconnu qu'on pouvait aussi la séparer en deux par l'ammoniaque, qui dissout une portion et laisse l'autre insoluble; je me suis assuré, d'ailleurs, que les rapports entre ces deux parties variaient suivant les origines, et que, dans ce produit (insoluble dans l'alcool) extrait de l'incrustation du hêtre, ces rapports pouvaient être exprimés ainsi : quantité insoluble dans l'ammoniaque = 0,7, quantité soluble = 0,3.

Il devenait nécessaire de soumettre séparément à l'analyse élémentaire les deux parties ainsi isolées, afin de comparer leur composition avec celle de la substance d'où on les avait extraites, et qui déjà était analysée à l'état brut.

Voici les nombres relatifs à ces analyses comparées :

Analyses élémentaires des deux substances séparées par l'ammoniaque de la portion insoluble dans l'alcool des incrustations ligneuses.

SUBSTANCES ANALYSÉES.		POIDS en milli-grammes.	PRODUITS obtenus.		COMPOSITION élémentaire en centièmes.		
			ACIDE carboni-que.	EAU.	CARBONE.	HYDRO-GÈNE.	OXYGÈNE.
Soluble ammoniaque.	Incrustations du hêtre.	343	622	181	50,11	5,82	44,07
Insoluble dans l'ammoniaque.....	*Idem*.....	367	610	205	45,90	6,19	48,31
	Idem.....	470	794	257	46,06	6,07	47,87
	Incrustations du chêne.	346	575	187	45,87	6,01	48,12

Si l'on applique aux résultats de l'analyse immédiate (page 272) de la portion insoluble dans l'alcool, provenant du hêtre, traitée par l'ammoniaque, la composition ci-dessus de chacune des parties isolées, on aura les équations suivantes :

Carbone	$\left\{\begin{matrix}7\times 46{,}1=322{,}7\\3\times 50{,}1=150{,}3\end{matrix}\right\}$	$=473$ et $\frac{473}{10}$	$=47{,}3$
Hydrogène	$\left\{\begin{matrix}7\times 6{,}09=42{,}63\\3\times 5{,}82=17{,}46\end{matrix}\right\}$	$=60{,}09$ et $\frac{60{,}09}{10}$	$=6{,}009$
Oxygène			$46{,}691$
			100

Composition élémentaire très-rapprochée, en effet, des résultats analytiques consignés page 272, et relatifs à la substance insoluble dans l'alcool des incrustations ligneuses du hêtre.

D'après ces dernières observations, quatre principes immédiats entrent dans la composition de la matière organique incrustante qui, interposée, en proportions variables, dans l'épaisseur de la trame de cellulose, donne la consistance ligneuse aux fibres du bois et aux concrétions dures et cassantes des fruits, écorces, etc. L'un de ces principes immédiats, insoluble dans l'alcool, l'éther et l'ammoniaque, paraît manquer aux bois des conifères.

Je vais essayer de déduire des faits exposés dans ce mémoire une formule de la composition immédiate du bois de hêtre, préalablement épuré de toutes les matières directement solubles à froid par les dissolvants étendus.

Mais, pour éviter d'embarrassantes périphrases, j'adopterai d'abord des noms spéciaux pour les différentes substances organiques composant, en général, les incrustations ligneuses.

1° *Cellulose :* principe immédiat, qui relie toute structure végétale, et constitue la trame de toutes les cellules des plantes. Il a été complétement défini dans le mémoire précédent. Sa composition est représentée par 0,444 de carbone, et 0,555 d'hydrogène et d'oxygène, dans les rapports qui constituent l'eau ;

Lignose : substance insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther et l'ammoniaque ; soluble dans les solutions de potasse et de soude. Sa composition est ainsi représentée :

Carbone	46,10	= 100
Hydrogène	6,09	
Oxygène	47,81	

Lignone : insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther; soluble dans l'ammoniaque, la potasse et la soude. Voici les rapports de ses principes constituants;

Carbone	50,10	= 100
Hydrogène	5,82	
Oxygène	44,08	

Lignin : insoluble dans l'eau et dans l'éther, soluble dans l'alcool, l'ammoniaque, la potasse et la soude, ainsi composé :

Carbone	62,25	= 100
Hydrogène	5,93	
Oxygène	31,82	

Ligniréose : cette dénomination rappelle la même origine que les précédentes et, en outre, l'analogie qu'elle offre avec les matières résinoïdes : elle est soluble dans l'alcool, l'éther, l'ammoniaque, la soude, la potasse; un peu soluble dans l'eau. Voici quelle est sa composition :

Carbone	67,91	= 100
Hydrogène	6,89	
Oxygène	25,20	

Ainsi donc le ligneux, que l'on considérait comme un principe immédiat, contenant 0,50 de carbone, plus de 50 d'hydrogène et oxygène, dans les rapports de la composition de l'eau, le *ligneux*, tel qu'on l'obtient après des lavages avec les dissolvants faibles, renferme cinq principes immédiats, dont un seul, la cellulose, admet dans sa composition l'hydrogène et l'oxygène, dans les rapports de l'eau, tandis que les quatre autres principes immédiats, formant les incrustations ligneuses, contiennent un excès très-notable d'hydrogène, sur la proportion qui constituerait de l'eau avec leur oxygène.

COMPOSITION IMMÉDIATE ET ÉLÉMENTAIRE DU BOIS DE HÊTRE LAVÉ.

	BOIS à l'état normal sec.	CELLULOSE	MATIÈRE incrustante.	RELATIONS entre les parties constituantes de la matière incrustante et composition élémentaire.			
				LIGNOSE.	LIGNONE.	LIGNIN.	LIGNIRÉOSE.
Proportions des substances organiques.....	100	40	60	25,2 +	10,8 +	21,6 +	2,4 = 60
Carbone.....	50	44,44	53,74	46,10	50,10	62,25	67,91
Hydrogène.....	6,19	6,18	6,20	6,09	5,82	5,93	6,89
Oxygène.....	43,81	49,38	40,06	47,81	44,08	31,82	25,20
	100	100	100	100	100	100	100

Si l'on veut comparer les quantités de carbone fournies par chacune des parties constituantes à l'ensemble du bois, il faut mettre la composition sous la forme suivante :

Bois de hêtre desséché à 125° dans le vide 100 =

- Cellulose.. 40 = carbone..... $\frac{44,44 \times 40}{100} = 17,79$
- Matière incrustante 60 =
  - Lignose... 25,2 = carbone $\frac{46,1 \times 25,2}{100} = 11,61$
  - Lignone... 10,8 = carbone $\frac{50,1 \times 10,8}{100} = 5,41$
  - Lignin.... 21,16 = carbone $\frac{62,25 \times 21,16}{100} = 13,46$
  - Ligniréose.. 2,4 = carbone $\frac{67,91 \times 2,4}{100} = 1,63$

100 = carbone..... 49,90

L'exécution des analyses immédiates et élémentaires, entreprises pour acquérir des notions plus précises sur la constitution si complexe, comme on le voit, des matières ligneuses, avait exigé beaucoup de temps, de soins et de patience. Je n'aurais pu achever

ce long travail sans la coopération habile et assidue de M. Schmersahl, auquel je suis heureux de pouvoir adresser ici de sincères remercîments.

On comprendra sans peine, d'ailleurs, qu'il doive rester un ample et beau sujet d'étude dans la même direction. Tandis que l'histoire chimique et physiologique de l'amidon et de la cellulose peut paraître à peu près complète, les propriétés des principes immédiats des incrustations ligneuses laissent beaucoup à désirer; les analyses sont encore insuffisantes pour autoriser à croire qu'il ne se découvrira pas de nouveaux principes immédiats parmi les nombreuses variétés d'incrustations organiques, et la composition de celles que nous avons décrites ne sera définitivement fixée que par l'examen de leurs combinaisons. Toutefois, il y a dans ces faits nouveaux des notions assez importantes pour mériter quelque attention de la part des savants, et assez certaines pour donner lieu à des conclusions générales, que d'autres travaux pourront étendre, mais non effacer.

Il reste une belle question théorique à résoudre, c'est la détermination de l'état dans lequel se trouvent unis les principes immédiats constituant les concrétions ligneuses.

La connaissance de leur poids atomique y conduira peut-être; mais, s'il était permis d'anticiper sur les déductions de faits qui manquent, quelques observations me porteraient à supposer que deux ou trois de ces principes jouent le rôle d'acide à l'égard de celui qui, comme une base organique, les enchaînerait sous des formes stables, comme cela a lieu dans les combinaisons, si fécondes en beaux résultats chimiques qui constituent les corps gras.

Il serait intéressant, enfin, d'apprécier les modifications que doivent présenter graduellement, sans doute, les incrustations ligneuses dans leur formation successive, et surtout dans les couches des tiges ligneuses où l'*aubier* se convertit en *bois* de cœur.

Les conclusions positives qui me semblent pouvoir être déduites

de l'ensemble des recherches contenues dans ce mémoire, et dans le mémoire précédent, seront exposées à la fin de ce travail. Toutes les applications, étant ainsi groupées, auront peut-être plus d'intérêt, les données des mémoires qui vont suivre, devant les rendre plus complètes; mais je montrerai ici un premier exemple de leurs conséquences utiles, en exposant les résultats des essais qu'elles m'ont conduit à entreprendre sur la composition de la tourbe.

COMPOSITION DE LA TOURBE.

La composition des feuilles de toutes les plantes offre en abondance des substances azotées neutres, des matières cireuses, grasses ou résinoïdes et des huiles essentielles, qui avaient rendue si difficile l'épuration de la cellulose extraite de certains tissus.

Les tourbes provenant des végétaux herbacés et de plantes plus ou moins ligneuses, dans lesquelles se rencontrent, non-seulement ces substances grasses et azotées, mais encore la cellulose et les quatre matières organiques qui incrustent et durcissent les fibres du bois, il était probable que la composition de ces tourbes devait participer de la variété des substances qui concourent à leur formation, et, par conséquent, être bien plus complexe qu'on ne l'avait jusqu'alors supposé.

Telle fut l'opinion qui me dirigea dans les analyses immédiates et élémentaires suivantes, dont les résultats pouvaient, d'ailleurs, servir de contrôle aux conclusions de mes précédents travaux.

Je soumis la tourbe légère, de qualité moyenne, non entièrement altérée, contenant très-peu de sels calcaires, à un traitement direct par l'éther. La solution, évaporée, donna pour résidu une substance *grasse* solide à + 20°, fusible à + 42, et dont une portion était soluble dans l'alcool froid; la matière, dissoute à froid par l'alcool, se liquéfiait à + 66°; elle était dure et cassante à la température ordinaire.

Après avoir été épuisée par l'éther, la tourbe fut tenue en contact avec l'alcool bouillant, à plusieurs reprises; les solutions alcooliques, rapprochées, laissèrent un résidu solide, susceptible d'être fondu lorsqu'on élevait sa température jusqu'à 66°.

La poudre de tourbe ainsi lavée successivement par l'éther et l'alcool, fut attaquée par une solution de potasse concentrée à chaud, sans toutefois pousser la température jusqu'à dégager de l'hydrogène. Le mélange ayant été dissous dans l'eau, la solution filtrée fut saturée par l'acide chlorydrique, qui détermina la formation d'un abondant précipité. Celui-ci fut recueilli, lavé. Soumis ensuite à l'action de l'éther, puis de l'alcool, il laissa dissoudre, à chacun de ces liquides, une substance différente, et présenta, en outre, un résidu insoluble constituant une dernière matière organique. Voici les analyses des sept substances obtenues par les moyens que je viens d'indiquer:

Analyses élémentaires des substances organiques de la tourbe.

Substances extraites directement par l'éther et l'alcool:

1° Matière obtenue par l'éther qui l'a dissoute, épurée par l'alcool chaud et froid à 36°, dans laquelle elle est insoluble, (fusible de 65 à 70°).

Matière employée.....	386 milligr.	Composition	Carbone.....	68,39
Acide carbonique.....	955		Hydrogène.....	10,32
Eau.....	361		Oxygène.....	21,29
				100

2° Substance obtenue par l'alcool froid, qui l'a dissoute, de la portion extraite par l'éther.

Matière employée.....	317 milligr.	Composition	Carbone.....	74,98
Acide carbonique.....	867		Hydrogène.....	10,32
Eau.....	295		Oxygène.....	14,70
				100

3° Substance soluble à chaud dans l'alcool, s'en séparant après le refroidissement, extraite directement de la tourbe épuisée par l'éther.

Matière employée.....	271 milligr.	Composition	Carbone.....	76,71
Acide carbonique.....	752		Hydrogène.....	12,32
Eau.....	301		Oxygène.....	10,97
				100

La tourbe, après avoir donné directement les produits ci-dessus, fut soumise à l'action de la potasse, comme nous l'avons dit; on obtint indirectement ainsi les matières des analyses suivantes :

4° Résidu des divers traitements de la tourbe légère par l'éther froid, l'alcool chaud, l'eau, la potasse à froid, l'acide chlorhydrique, étendu enfin par des lavages à l'eau distillée jusqu'à épuisement.

Substance employée.....	420 milligr. desséchée à 140° vide.
A déduire 4,40 cendres pour 100 ou....	18
Poids net.....	402

Produits obtenus : acide carbonique, 858 milligrammes; eau, 203; d'où l'on tire la composition suivante :

Carbone.....	59
Hydrogène.....	5,60
Oxygène.....	35,40
	100

5° Matière insoluble dans l'alcool du traitement de la tourbe par la potasse, extraite du précipité qu'avait produit l'acide chlorhydrique.

Poids de la substance..	1,092 milligr.		Carbone.....	51,19
Acide carbonique.....	2,025	Composition déduite =	Hydrogène.....	4,76 } 100
Eau.....	469		Oxygène.....	44,05

6° Substance soluble dans l'alcool, épurée par l'éther.

Poids employé.....	332 milligr.		Carbone.....	59,03
Acide carbonique.....	711	Composition déduite =	Hydrogène.....	5,01 } 100
Eau.....	150		Oxygène.....	35,96

7° Matière obtenue du traitement de la tourbe légère par la potasse, et provenant du lavage, par l'éther, de la substance précédente.

Poids employé.....	300 milligr.		Carbone.....	64,33
Acide carbonique.....	698	Composition =	Hydrogène.....	6,18 } 100
Eau.....	168		Oxygène.....	29,49

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DES DIFFÉRENTES SUBSTANCES ORGANIQUES EXTRAITES DE LA TOURBE.

	SUBSTANCES EXTRAITES DIRECTEMENT			SUBSTANCES OBTENUES AU MOYEN DE LA POTASSE.			Résidu insoluble dans la potasse.
	par l'alcool à chaud.	par l'alcool froid.	par l'éther.	Soluble dans l'éther.	Soluble dans l'alcool.	Insoluble dans l'alcool.	
Carbone.....	76,71	74,98	68,4	64,30	59,03	51,19	59
Hydrogène.....	12,32	10,32	10,3	6,10	5,01	4,96	5,60
Oxygène.....	10,97	14,70	21,3	29,60	35,96	44,05	35,40
	100	100	100	100	100	100	100

Toutes ces substances, à l'exception d'une seule, contiennent un excès d'hydrogène, relativement à la quantité qui, avec leur oxygène, représenterait la composition de l'eau. Il en résulte que la somme de ces substances constituant la matière organique doit contenir un excès d'hydrogène : c'est, effectivement, ce que donne l'analyse. On voit enfin qu'à chacun des principes immédiats des tiges et des feuilles correspond un produit particulier de son altération.

PRODUCTION COMPARÉE DE L'ACIDE ACÉTIQUE PAR LA DISTILLATION DES TISSUS VÉGÉTAUX.

Les différences notables observées entre la composition immédiate et élémentaire des substances ligneuses, plus ou moins incrustées, et des tissus végétaux dépourvus d'incrustations, n'étaient pas sans influence, comme on l'a vu, sur le pouvoir calorifique de ces produits, considérés comme combustibles (voyez page 260); il m'a semblé curieux de rechercher s'il y aurait aussi quelque

rapport entre cette composition et le rendement en acide acétique.

Afin de m'en assurer, j'ai distillé à feu nu, comme on le fait en grand, en réunissant autant que possible des conditions égales, cent grammes de chacune des matières entre lesquelles je voulais établir cette comparaison. Les produits, condensés, furent saturés avec une même solution de soude pure, et voici quels ont été les résultats de ces opérations, d'où l'on a déduit l'équivalent en acide acétique réel.

100 grammes bois de chêne ont donné 4 grammes d'acide acétique.
100 grammes bois de peuplier..... 3,6
100 grammes coton..... 2,4
100 grammes amidon..... 2,3

Ainsi donc, il paraît évident que la proportion d'acide acétique varie suivant la nature des substances ligneuses soumises à la distillation, et que les bois durs, riches en matières organiques incrustantes, produisent, à poids égal, plus d'acide que les bois blancs, que les tissus non incrustés, bien plus encore que la cellulose et l'amidon.

MÉMOIRE

SUR

LES DÉVELOPPEMENTS DES VÉGÉTAUX.

CINQUIÈME MÉMOIRE.

CONCRÉTIONS ET INCRUSTATIONS MINÉRALES.

Après avoir étudié la composition chimique et les propriétés du tissu des plantes, ses rapports avec les substances organiques azotées que ses cellules enveloppent toujours, et en fortes proportions, surtout lorsqu'il est très-jeune; l'amidon mis en réserve pour servir aux développements ultérieurs, la cellulose, isomérique avec l'amidon, produite souvent par la transformation de celui-ci, et reliant toute structure végétale; les incrustations organiques caractérisant les parties ligneuses ou le bois; après avoir déduit de ces faits des conséquences applicables à la théorie de la nutrition des plantes, je m'étais occupé d'étudier, sous les mêmes aspects, les substances inorganiques, voulant essayer d'ajouter aux faits connus des notions nouvelles, utiles à la physiologie végétale, et applicables à la théorie rationnelle des amendements.

Une occasion heureuse s'est présentée d'apprécier les méthodes d'investigation que j'avais employées, et de faire mieux comprendre les déductions générales auxquelles je suis parvenu.

M. Meyen avait observé, en 1837, dans le tissu des feuilles de plusieurs figuiers, des corps claviformes, qu'il ne rencontra dans aucune autre plante. Pensant que l'étude attentive de ces produc-

tions nouvelles dans l'organisme servirait à éclairer l'histoire du développement des végétaux, il les examina en 1839, en profitant alors des progrès réalisés dans la construction des microscopes, et crut pouvoir les considérer comme des *masses gommeuses superficiellement recouvertes de dentelures cristallines en carbonate de chaux*. Il appela *gummi keulen* (petite massue de gomme) ces corps, qu'il supposait être ainsi convenablement dénommés.

Mais l'observation directe et l'emploi de certains réactifs s'étaient trouvés insuffisants pour conduire au but le savant physiologiste. Pour y parvenir, il lui eût fallu tenir compte des données récemment admises, chez nous, relativement à la composition chimique et aux propriétés des tissus végétaux.

Il n'est donc pas étonnant que M. Meyen n'ait pas réussi dans ses tentatives pour découvrir la véritable nature des corps dont il s'agit; à plus forte raison devait-il éprouver des difficultés insurmontables pour trouver les relations entre ces corps et la substance du tissu, leurs fonctions et leurs analogies; aussi avoue-t-il lui-même l'insuffisance de ses observations à cet égard.

La lecture du mémoire de M. Meyen, dans le dernier numéro des Annales des Sciences naturelles, m'inspira le vif désir de résoudre toutes ces questions, en y appliquant des notions que l'Académie des sciences avait jugées dignes de confiance. Je conçus même l'espoir de faire rentrer sous des lois générales, que je crois avoir découvertes, ces faits curieux, restreints en apparence à une partie d'une tribu végétale.

J'énoncerai tout d'abord la conclusion de la première partie de mon travail, parce qu'il me sera plus facile ensuite de décrire les expériences faites, les phénomènes observés et leur représentation, par des figures que j'ai tracées dans les tableaux que je dépose sur le bureau de l'Académie.

Les corps observés par M. Meyen ne sont point de nature gommeuse, ni superficiellement recouverts de cristaux; ils constituent un véritable prolongement, d'abord cylindroïde, puis renflé à son extrémité inférieure, de la substance propre des cel-

lules (*la cellulose*). Cet appendice, élégamment suspendu aux couches épidermiques de la feuille dans l'axe de cellules spéciales plus grandes que les autres[1], est bientôt après entouré vers son extrémité libre par un léger tissu, dont les minces cellules, en se multipliant, offrent une configuration générale globuleuse ou ovoïde. Une abondante sécrétion de carbonate de chaux vient alors remplir de particules inorganiques toutes les petites cel lules.

On voit que l'apparence des dentelures cristallines, dont les formes arrondies semblaient étonnantes à M. Meyen, est, en réalité, produite par la dernière rangée des cellules que remplit la concrétion calcaire; aussi cette concrétion est-elle en effet toujours recouverte par une membrane; *toujours aussi ces formations ont lieu en présence d'une matière azotée, comme cela se remarque pour les développements de tous les organes des végétaux.*

Les faits sur lesquels reposent ces premières conclusions ont été vérifiés, non-seulement sur les figuiers cités dans le mémoire de M. Meyen, mais encore sur d'autres espèces, que l'extrême obligeance des professeurs et des chefs de culture du Muséum, m'a permis de trouver dans les immenses collections enrichies par leurs soins. Ce fut là que je me procurai, en outre, la plupart des autres plantes dont l'examen était utile pour généraliser les résultats que j'exposerai plus loin.

PLANTES DONT LES FEUILLES CONTIENNENT DES CONCRÉTIONS PÉDICELLÉES.

Nous avons vu que M. Meyen supposait appartenir exclusivement aux figuiers les corps claviformes suspendus dans les couches épidermiques de leurs feuilles: j'ai cru devoir les chercher dans d'autres plantes, et notamment dans celles que l'on

[1] On se ferait une idée assez exacte de l'ensemble de cet organisme en le comparant à une cloche dont l'ouverture serait fermée par une capsule hémisphérique, et dont le battant serait entouré dans ses $\frac{1}{3}$ inférieurs par un tissu celluleux ovoïde, mamelonné à sa superficie, et rempli d'une concrétion calcaire.

place dans la famille des Urticées : je suis parvenu à les découvrir, avec quelques modifications de formes et de suspension, chez un assez grand nombre d'entre elles, notamment dans toutes les urticées vraies. C'est ainsi qu'on les peut observer à la face supérieure des feuilles de l'*Urtica nivea*, où elles affectent une configuration mûriforme[1] (voyez 2e série, pl. III, fig. 5); dans la pariétaire commune, où elles se présentent très-nombreuses sous l'épiderme de la face supérieure, en sphéroïdes volumineuses et hérissées de mamelons irradiés, soutenues par un mince pédicelle (fig. 4). Les feuilles de *Parietaria lusitanica* et *arborea* présentent aussi des concrétions mamelonées attachées à l'épiderme supérieur, renfermées dans de grandes cellules occupant des 0,25 aux 0,60 de l'épaisseur totale de la feuille. On les rencontre semblables encore dans les feuilles de *Forskalea tenacissima*.

Les feuilles des *Morus nigra* (fig. 6, pl. III), *alba*, *multicaulis*, tiennent suspendues à leur épiderme supérieur, dans des cellules agrandies, des concrétions légèrement mamelonnées, soutenues par de forts pédicelles. Les feuilles de *Broussonetia papyrifera* portent dans les poils courts de leur face supérieure des concrétions, dont les pédicelles, perpendiculaires aux côtés des poils qui les portent, se trouvent ainsi parallèles au limbe de la feuille (fig. 2 et 2 *bis*, pl. IV). Ces poils concrétionnés sont faciles à extraire, en raclant la superficie avec une lame de canif; ils sont à des distances assez régulières, et telles, que j'en ai compté 49 sur 7 millimètres carrés, ce qui indique un nombre de 134,000 sur une des grandes feuilles ayant 192 centimètres carrés de surface.

Les concrétions pédicellées du *Celtis australis*, suspendues à la face supérieure du limbe des feuilles, sont généralement de forme cylindroïde, mamelonnées, laissant discerner les figures polygonales des cellules superficielles. Leur longueur varie entre 3 et 6 dixièmes de l'épaisseur de la feuille.

[1] Des concrétions fort analogues, ovoïdes, mamelonnées, nombreuses, se voient sous l'épiderme supérieur des feuilles de l'*Urtica japonica* ou *biloba*.

Dans le *Celtis mississipiensis*, les concrétions, aussi volumineuses, ne diffèrent des précédentes que par leur configuration généralement pyriforme

Les feuilles du *Celtis Tournefortii* et du *Celtis occidentalis* portent, suspendues en grand nombre par des pédicelles, sous la face supérieure de leurs feuilles, des concrétions volumineuses, cylindroïdes, à contours peu ondulés, enfermées dans des cellules agrandies qui occupent environ les deux tiers de l'épaisseur du limbe.

Les concrétions du *Celtis crenata*, nombreuses aussi, sont plus petites, irrégulièrement sphéroïdales, mamelonnées, contenues dans des cellules qui se prolongent jusqu'à la moitié de l'épaisseur de la feuille.

Les feuilles du houblon, *Humulus lupulus*, fig. 3, pl. IV, portent leurs concrétions globuliformes dans les poils courts de leurs faces supérieures. Des poils renfermant des concrétions existent sur les deux faces des feuilles du chanvre, *Cannabis sativa;* ces concrétions sont plus petites et plus rapprochées sur la face inférieure; en somme, elles sont à peu près deux fois plus nombreuses, à surface égale, que sur les feuilles du *Broussonetia papyrifera.*

On remarquera, dans les figures 1 et 1 *bis*, pl. IV, qui représentent les concrétions du *Conocephalus naucleiflorus*, les courts pédicelles et les fortes gibbosités de ces concrétions, volumineuses et couchées, qui remplissent presque totalement les grandes cellules développées sous l'épiderme de la face supérieure.

Je n'ai pu découvrir de semblables concrétions dans les *Dorstenia contrayerva* et *arifolia;* dans les *Planera*, *Platanus* et *Ulmus;* quant aux concrétions trouvées dans les Pipéracées, les Aurantiacées et les Juglandées, je dirai plus loin en quoi elles diffèrent des précédentes.

EXAMEN CHIMIQUE ET ORGANOGRAPHIQUE DES CORPS OBSERVÉS PAR M. MEYEN.

Dans la vue de suivre, sans en perdre les traces, tous les rapports de ces produits avec les membranes du tissu, je les soumis successivement aux réactifs qui n'attaquent point la cellulose, dissolvent plusieurs substances étrangères et rendent les contours plus nets.

J'opérai, d'ailleurs, sur des tranches excessivement minces, maintenues dans l'axe du microscope et en variant beaucoup les amplifications.

L'ammoniaque, l'eau, l'alcool, l'éther, n'altèrent en rien les corps examinés, ni la cellulose environnante : l'acide acétique, même concentré, ne devait pas agir autrement; toutefois il déchira violemment les petites masses. Attribuant ce phénomène à une action purement mécanique, j'en conclus que le carbonate de chaux était au moins recouvert d'une enveloppe, au lieu d'être déposé à la superficie; afin de vérifier cette hypotèse et d'éviter pour mes recherches ultérieures l'inconvénient précité, j'essayai de remplacer l'acide acétique par un dissolvant qui enlevât le carbonate sans dégager beaucoup de gaz. Ce but fut atteint en employant une solution qui contenait 4 d'acide chlorhydrique pur dans 1,000 d'eau, préalablement privée de gaz par l'ébullition.

Je vis alors distinctement la concrétion diminuer de volume, en conservant des contours ondulés; je parvins même à conserver, pour mieux dessiner leur aspect, différents degrés de la réduction de volume, en faisant arriver un excès d'ammoniaque au moment opportun entre les lamelles de verre.

On voit plusieurs concrétions partiellement dissoutes, laissant discerner le tissu léger d'où les particules calcaires ont été extraites : Pl. IV, fig. 1 *bis* (de feuilles *Conocephalus naucleïflorus*), fig. 10 (du *Ficus ferruginea*); pl. V, fig. 9 (du *Ficus benghalensis*), pl. VI, fig. 10 et 12 (du *Ficus nymphæi folia*). D'autres figures pl. IV, 11, 12, 14 *bis*, des *Ficus ferruginea, carica et laurifolia;* pl. III, fig. 5 *bis* (*Urtica nivæa*); fig. 7, *Ficus reclinata;* pl. V, fig. 10 (*Ficus Neumani rigida*); pl. VI, 2^{e} case: fig. 7 *bis, Ficus benghalensis,*

fig. 12, *Ficus nymphæifolia*, montrent le tissu spécial complétement débarrassé de substance minérale; j'ai encore observé les concrétions avec les mêmes caractères dans les figuiers désignés ci-après.

Le *Ficus reclinata* contient des concrétions calcaires pédicellées sous les deux faces de ses feuilles : les plus volumineuses se montrent à la face inférieure; elles sont mamelonnées[1]. Entre leurs protubérances, on voit souvent le contour hexagonal qui indique les parois de la dernière rangée des petites cellules; les pédicelles adhérents à l'épiderme sont remarquables par leur grosseur, ainsi qu'on peut le voir sur les deux figures 8 et 8 *bis*, pl. III, et en les comparant avec plusieurs variétés de pédicelles appartenant aux autres concrétions des figuiers et des autres plantes. Les concrétions de la face supérieure ont un volume beaucoup moindre, et sont contenues dans des cellules non agrandies : la figure 7 indique l'un de ces organismes débarassé de la substance calcaire.

Les concrétions du *Ficus religiosa* sont adhérentes par leur pédicelle à l'épiderme de la face supérieure du limbe. Elles ont en général une configuration globuleuse plus ou moins irrégulière, et laissent apercevoir directement les lignes formées par la juxtaposition de la dernière rangée des petites cellules polyédriques.

Le *Ficus montana* contient, dans les poils courts de la face inférieure de ses feuilles, les concrétions pédicellées. (Voyez la figure 6, pl. IV[2].)

Les feuilles du *Ficus scandens* contiennent, attachées à leur épiderme de la face inférieure, des concrétions globuleuses pédicellées, que leur nombre peu considérable et leur petit volume rendent assez difficile à rencontrer.

Les concrétions des feuilles grandes et souples du *Ficus citrifolia* sont petites, globuliformes, mamelonnées, attachées à la face in-

[1] Un figuier C à larges feuilles, non dénommé dans les serres, contient des concrétions mamelonnées, globuliformes aux deux faces du limbe, mais plus abondantes sous l'épiderme supérieur.

[2] Les concrétions de ce figuier sont les seules que je n'ai pu retrouver en répétant, à quinze jours d'intervalle, toutes mes observations.

férieure dans des cellules dont le diamètre est égal au tiers ou à la moitié de l'épaisseur du limbe.

Un *Ficus* A, non dénommé, à feuilles moins grandes et souples contient aussi des concrétions pédicellées adhérentes à la face inférieure, recouvertes de mamelons élevés, diaphanes, renfermées dans des cellules agrandies qui occupent environ la moitié de l'épaisseur du limbe.

Un *Ficus* B, non dénommé, à feuilles ovales, grandes, épaisses, très-laiteuses, renferme des concrétions sphéroïdales ou pyriformes suspendues à la face supérieure, dans des cellules dont le grand diamètre est égal au tiers environ de l'épaisseur de la feuille.

Les jeunes feuilles du *Ficus glaucescens* contiennent de nombreuses concrétions pédicellées adhérentes à l'épiderme de la face inférieure, globuleuses, mamelonnées, faciles à observer, dans des cellules occupant environ un tiers de l'épaisseur du limbe. Les feuilles plus âgées présentent des concrétions plus volumineuses, pyriformes ou cylindroïdes; il s'est développé, sous l'épiderme de leur face supérieure, un grand nombre de petites concrétions pédicellées fort irrégulières et contenues dans des cellules non agrandies.

Toutes concrétions peuvent être dissoutes, comme nous l'avons dit, sans que la substance organique soit attaquée. L'existence des enveloppes membraniformes n'était donc plus douteuse, mais formaient-elles une simple tunique, ou bien un tissu se continuant dans l'intérieur des concrétions? La question fut décidée par les expériences suivantes.

D'abord, en faisant rompre par la pression les concrétions en deux ou plusieurs fragments, puis observant, sous le microscope, la surface interne mise à découvert par la rupture, on vit clairement alors le tissu interne depuis le pédicelle jusques aux membranes périphériques.

Cette observation est surtout facile, relativement aux concrétions volumineuses de la pariétaire officinale (fig. 4, pl. III, la fig. 4 *ter* montre l'aspect de l'intérieur d'un fragment).

Il était donc bien évident que le tissu spécial était continu dans l'intérieur des petites masses concrétionnées; nous arriverons encore à la même conclusion par une autre voie indiquée plus loin.

NATURE DU TISSUS DES CONCRÉTIONS.

Nous avons vu déjà que ce tissu se comporte comme la cellulose en présence de divers réactifs; cependant j'ai cru devoir chercher d'autres preuves plus démonstratives de sa véritable nature.

Je les ai trouvées d'abord dans une série d'expériences microscopiques faciles à répéter : elles consistent à imprégner d'une solution d'iode, dans de l'eau contenant 0,2 d'alcool, une tranche de feuille coupée au rasoir assez mince pour laisser nettement discerner le tissu concrétionné mis à nu et préalablement débarrassé du dépôt calcaire.

On remarque une teinte orangée jaunâtre ou fauve colorer partiellement ou en totalité les membranes en question. Ce phénomène est dû à la matière azotée qui accompagne toujours ces formations et dont une portion adhère à leur superficie.

Si alors on fait arriver, entre les deux lames de verre qui maintiennent l'objet, une goutte d'acide sulfurique étendu d'un ou d'un demi-volume d'eau, plusieurs parties du tissu, et en particulier le tissu léger de la concrétion, ainsi que le pédicelle qui les soutient, en se désagrégeant à un certain point, développeront, avec l'iode, ce composé teint en bleu qui caractérise la cellulose à cet état. Plusieurs des figures coloriées, pl. II et pl. IV, donnent une idée de ce curieux phénomène, elles montrent, en outre, des particules de matières azotées éliminées avec la coloration orangée qu'elles avaient manifesté au contact de l'iode.

On a trouvé une autre démonstration évidente de la nature du tissu des concrétions dans l'analyse élémentaire faite après avoir enlevé, sur un assez grand nombre de feuilles de *Broussonetia papyrifera*, les poils concrétionnés, éliminant le carbonate

calcaire par l'acide chlorhydrique étendu, puis les autres substances étrangères, par les procédés précédemment décrits; voici les résultats de cette analyse :

Matière analysée.....	210^{m},5		C = 44,5
Eau obtenue.....	126	D'où	H = 6,6
Acide carbonique.....	356		O = 48,7

Nous verrons bientôt, en examinant la situation de la silice dans les feuilles, une conformité de plus entre leur tissu et le tissu spécial des concrétions.

Nous venons de démontrer :

1° Que les corps observés par M. Meyen sont de véritables organes, offrant une structure particulière, mais composés, comme tous les organismes végétaux, de cellulose développée en présence d'une substance azotée;

2° Que ces organes ne sont pas les attributs exclusifs des figuiers, mais qu'ils appartiennent également à un grand nombre de plantes rangées dans la famille des Urticées;

3° Que leur destination consiste à sécréter du carbonate de chaux en masses beaucoup plus pesantes que les membranes enveloppantes.

Il restait à rechercher si le tissu spécial précédait la concrétion ou se formait autour d'elle. Cette question est résolue dans le premier sens, par l'observation des feuilles précitées à différents âges. On voit en effet que, d'abord privées de toutes traces de cette organisation, les pédicelles se montrent dans des cellules du limbe qui s'agrandissent; que, bientôt après, le tissu léger apparaît autour de la partie inférieure renflée de chacun des appendices, et se développe sans contenir encore de dépôt calcaire, puisque enfin celui-ci est introduit dans les petites cellules préparées pour le recevoir.

Ces phénomènes successifs si remarquables se peuvent observer simultanément sur une jeune feuille de *Broussonetia papyrifera*, car les poils propres aux concrétions pédicellées s'y montrent ordinairement à plusieurs degrés de développement, tels

qu'on les voit pl. IV dans les trois figures 2 et 2 *bis* et fig. 7 *c' c'' c'''*, du *Ficus elastica*.

LOI GÉNÉRALE RELATIVE À LA PRÉSENCE DES SELS CALCAIRES DANS DES PLANTES.

Sans doute la puissance des organismes que nous venons de décrire est grande, car ils peuvent sécréter et conserver du carbonate de chaux, bien qu'ils soient entourés de sucs acides, acides au point de dissoudre en totalité ou en partie la concrétion, lorsque, par des coupures, on établit une communication libre entre eux.

C'était là, au moins, une grande exception à la loi générale qu'avaient cru pouvoir établir Fourcroy et Vauquelin[1].

Au surplus, un grand nombre des feuilles bien développées contiennent, soit dans leurs nervures, soit dans leur parenchyme, du carbonate, du pectate ou du phosphate calcaire : ces sels paraissent interposés dans l'épaisseur des parois ou dans les méats intercellulaires, soit entre les cellules vertes du parenchyme, soit entre les grandes cellules qui environnent le tissu serré autour des faisceaux vasculaires. On aperçoit directement, parfois, ces incrustations sous le microscope.

Voici, d'ailleurs, plusieurs moyens de déceler et de démontrer leur présence.

On coupe en tranches très-minces le parenchyme vert par un plan perpendiculaire aux faces de la feuille, ou les nervures par un plan parallèle à leur axe. On remarque alors, en observant au microscope, les incrustations brunes dans les coins entre les cellules, et même irrégulièrement étendues autour de leurs parois. Les cellules, ainsi incrustées, se montrent en nombre plus

[1] « La chaux ou le carbonate de chaux qu'on trouve dans les cendres végétales ne sont jamais contenues à cet état dans les plantes, mais à celui de sels, que le feu décompose et réduit à leur base plus ou moins carbonatée. » (*Annales du Muséum d'hist. nat.* t. XIII, p. 1.)

ou moins considérable, suivant l'âge des feuilles et l'espèce de la plante, sans doute aussi suivant la nature du sol.

Quoi qu'il en soit, il suffit parfois de mettre de l'acide chlorhydrique étendu de dix volumes d'eau en contact avec ces tranches, pour voir le carbonate se dissoudre et le gaz enfermé dans les méats presser et entourer les cellules.

Cette expérience a réussi, notamment sur les feuilles de *Mesembrianthemam cristallinum*, *Maclura aurantiaca*, *Forscalea tenacissima* (nervures), *Juglans regia*. Souvent la pénétration du liquide paraît lente et difficile dans les méats incrustés; alors on emploie l'acide sulfurique étendu d'un volume d'eau. Il pénètre rapidement, attaque le carbonate et dégage le gaz acide carbonique, qui bientôt enveloppe les cellules. Les figures 1 et 1 *bis* de la planche VI, indiquent ce phénomène, car elles représentent : la première, le tissu à l'état normal d'une nervure de feuille; et la seconde, le même tissu dont les grandes cellules ont été disloquées par le gaz qui les entoure. On voit, en 1 *bis*, le gaz faisant effort dans les méats, former des conduits gonflés, pénétrer en bulles sphériques, et se réunir dans une des cellules. Le sulfate de chaux, produit par cette réaction en présence d'un excès d'acide, cristallise en longs prismes irradiés. Le volume du gaz, parfois très-faible relativement à la matière dissoute ou au sulfate formé, indique que l'incrustation se composait en très-grande partie de sels calcaires autres que le carbonate.

J'ai observé les mêmes phénomènes dans les feuilles de *Solanum tuberosum*, , de *Saurocea*, de *Polygonum fagopyrum* (sarrazin), de betterave, de platane, et dans plusieurs tiges de cactus.

Les incrustations de carbonate calcaire au dehors des cellules végétales se montrent accompagnées de circonstances remarquables dans les *Chara* : en effet, développées dans les mêmes eaux, les uns, comme le *Chara hispida* et le *Chara vulgaris*, sont incrustés de carbonate de chaux; d'autres, comme le *Chara translacens*, en sont exempts, ou n'en contiennent que des quantités faibles, imperceptibles directement.

Il m'a paru intéressant d'examiner, si, dans les Characées, le carbonate de chaux était librement déposé ou contenu dans un organisme spécial.

Les figures 2, 3, et 4 de la planche VII, montrent la disposition générale de ces concrétions dans le *Chara hispida* autour du gros tube et des longues cellules corticales contournées en hélices; dans la figure 4, plus amplifiée, on remarque la concrétion formée d'un grand nombre de cristaux à formes mal déterminées, qui semblent recouverts d'une très-mince membrane. Cette apparence devient plus manifeste ainsi que la présence des membranes interposées, lorsqu'on fait dissoudre lentement le carbonate par l'acide chlorhydrique pur, étendu de 250 volumes d'eau. Après la dissolution complète, on voit autour des cellules le tissu excessivement léger qui maintenait le carbonate; ce tissu, imprégné ou recouvert lui-même d'une abondante matière azotée, se contracte en présence de l'iode, puis se colore en jaune fauve et devient alors très-apparent.

La figure 2 montre, par une coupe perpendiculaire à l'axe du gros tube : 1° en *a, a, a,* les cellules corticales allongées, extérieurement recouvertes par l'incrustation calcaire, et renfermant sur leurs parois intérieures les nombreux corpuscules à composition quaternaire, riche en substance azotée, colorés en vert. On voit en *b* le gros tube central tout entouré par les concrétions calcaires adhérentes à la superficie, et par les longues cellules tubuleuses également concrétionnées.

La figure 3 représente le gros tube dépouillé des cellules enveloppantes; la trace hélicoïdale de celles-ci se remarque par les sillons non incrustés qui correspondent aux points où les parois extérieures des cellules longues et du gros tube étaient le plus rapprochées; on voit les dispositions particulières des concrétions sur le gros tube laissant entre elles des sillons transversaux libres.

Dans les très-jeunes rameaux, les concrétions sont moins volumineuses et moins rapprochées, tandis que, dans les rameaux plus âgés, les concrétions, plus développées, ont envahi presque tous

les espaces, ou réduit ces derniers à des canalicules presque imperceptibles.

La figure 4, sous une amplification en diamètre de 1,050 fois environ, indique en *a*, *a*, les concrétions colorées en jaune fauve par une solution aqueuse d'iode. On voit en *b* une portion de l'intérieur du gros tube, dont les parois internes sont tapissées de granules verts; l'épaisseur des membranes cylindriques : 1° des cellules allongées, se distingue par les trois bandes blanches *c*; et 2° du gros tube central, par la bande plus large *d*, *d*.

Enfin, vers l'encoignure opposée de la même partie supérieure de cette planche, on trouve l'indication de l'aspect qu'offre sous le microscope une portion des cellules corticales de la même tranche, après la réaction de l'acide chlorhydrique affaibli. Toute la substance calcaire, ayant été dissoute ainsi avec ménagement, a laissé adhérentes, aux parois extérieures desdites cellules, les légères membranes du tissu externe, imprégnées de substances azotées, dans lesquelles étaient sécrétées et enveloppées les concrétions calcaires.

OXALATE DE CHAUX DANS LES FEUILLES.

La présence de l'oxalate de chaux dans les nervures ou le parenchyme des feuilles est un fait général auquel je n'ai pas encore trouvé d'exceptions dans les plantes phanérogames.

On le rencontre ordinairement en cristaux transparents, irradiés ou groupés en sphéroïdes hérissées de pointes, appartenant, en apparence, à des rhomboèdres, des octaèdres ou des prismes rectangulaires et terminés, soit par des pyramides à quatre faces, soit par des faces irrégulières ou gradins anguleux. Ces cristaux ne sont pas rigoureusement déterminables. La plupart se trouvent enfermés dans les grandes cellules qui entourent le tissu serré au milieu duquel passent les vaisseaux des nervures.

Ils se rencontrent souvent, en outre, au milieu du parenchyme dans des cellules où la matière verte manque très-généralement.

La figure 11, planche VI, montre une de ces petites agglomérations, et la figure 11 *bis*, le tissu spécial qui renfermait la concrétion au moment où celle-ci fut dissoute par l'acide azotique.

Des concrétions de même nature, mais plus volumineuses, disposées en séries régulières adhérentes à la rangée des longues cellules vertes, se remarquent au milieu de l'épaisseur des feuilles du *Begonia undulata* : elles sont représentées en *c*, *c*, figure 3, planche VI.

L'oxalate de chaux se montre en cristaux plus volumineux encore, isolés ou groupés, offrant parfois l'aspect de rhomboèdres, dont aucun cependant ne m'a paru véritablement régulier, dans les feuilles des *Citrus* et *Limonia;* on les voit encore dans des cellules agrandies, adhérentes, en général, à l'épiderme de la face supérieure. Comme les concrétions calcaires des Urticées, elles en diffèrent par leur nature et par l'absence de pédicelles. Les figures 10 et 9, planche III, qui indiquent les formes et les relations de ces cristaux, montrent aussi qu'ils sont enveloppés dans un tissu organique léger. On rend plus facilement discernable ce tissu à l'aide de l'iode, qui le jaunit, partiellement du moins.

En employant ce réactif sur une tranche des larges feuilles d'un oranger, figure 9, une partie des cellules et des granules contenant la matière verte se sont colorés en bleu, phénomène que je n'avais encore observé directement que sur des tissus de cryptogames, et que j'ai cru devoir signaler en passant, persuadé qu'il se reproduirait ailleurs. On remarquera, dans cette figure en *a*, la cuticule épidermique, colorée en jaune orangé par l'iode et recouvrant les cellules de l'épiderme; en *b*, une deuxième rangée de cellules plus grandes, sous laquelle une cellule spéciale, plus grande encore, renferme une volumineuse concrétion polyédrique d'oxalate calcaire; enfin, les cellules allongées et les enveloppes de leurs granules verts bleuissant par l'iode.

Le tissu spécial des concrétions se manifeste d'une manière certaine lorsque l'on a fait dissoudre l'oxalate à l'aide de l'acide

azotique affaibli. C'est ce que montrent les figures avant et après la réaction opérée sur les concrétions.

On trouve d'ailleurs dans les feuilles d'orangers et de limoniers des cristaux semblables au milieu des tissus cellulaires qui environnent les vaisseaux des nervures; ils sont plus petits, et dans des cellules non agrandies. Le *Maclura aurantiaca* montre en grand nombre les concrétions sphéroïdales hérissées de pointes dans le tissu lâche des nervures.

Les feuilles du *Juglans regia* contiennent de l'oxalate de chaux, sous forme de larges cristaux agglomérés en groupes irradiés dans des cellules agrandies sous l'épiderme de leur face supérieure. Les figures 1 et 3 représentent ces cristaux, et montrent le léger tissu qui les recèle; la figure 2 indique le tissu spécial qui les enveloppait et qui persista après la dissolution de l'oxalate par l'acide azotique à 0,1, ou même par l'acide sulfurique étendu d'un volume d'eau. Les mêmes feuilles présentent, dans le tissu cellulaire de leurs nervures, de petites agglomérations nombreuses de cristaux d'oxalate de chaux. On remarque plusieurs rangées contiguës de ces cristaux irradiés, dans les nervures, sous les faisceaux vasculaires des feuilles de *Juglans nigra*, et du *Juglans cinerea*[1].

Les nombreuses concrétions cristallines contenues dans les cellules de la plupart des tiges de cactus sont aussi enfermées dans un tissu de même nature, que l'on peut apercevoir en faisant dissoudre lentement les cristaux à l'aide de l'acide azotique ou chlorhydrique étendu. Les faibles membranes et les minimes cellules se dessinent par degrés, soutenues encore par les particules solides.

Ces cristaux sont parfois tellement abondants, que le tissu desséché ressemble à une pétrification grenue. Je dois à l'obligeance de M. Adolphe Brongniart un échantillon de ce genre,

[1] Je les ai trouvées encore dans les feuilles de platane, d'orme, du *Planera crenata*, de *Saurocea*, de pommier, de prunier, des peupliers, du lierre grimpant, des urticées, de plusieurs oxalis, chenopodées, etc. etc.

qu'il me remit pour l'analyser. Broyé, dissous à chaud dans l'acide azotique à 0,1, séparé par le filtre des membranes organiques et traité par le carbonate de potasse, il donna de l'oxalate de potasse et du carbonate de chaux. Les cristaux étaient donc composés d'oxalate de chaux. Le tableau des analyses (voir page 318) montre que le tissu précité à l'état sec, contenait 70 p. 0/0 de son poids d'oxalate cristallisé. Ce sel, si abondamment répandu dans l'organisme végétal, se distribue régulièrement en certaines parties et affecte parfois des formes singulières et une contexture remarquable.

CACTÉES OU NOPALÉES.

La plupart des plantes de cette famille sont abondamment pourvues de cristaux aciculaires ou prismatiques, irradiés, formant des concrétions sphéroïdales.

On les rencontre quelquefois en grand nombre dans les couches épidermiques, presque toujours dans le tissu vert sous-jacent, où les cristaux sont en général plus volumineux. Le tissu situé plus profondément dans la tige offre des concrétions semblables, nombreuses et plus grosses encore; enfin, lorsque le tissu médullaire en renferme, elles sont, souvent, les plus volumineuses de toutes[1].

Cactus opuntia (*Ficus indica*). Dans toute l'épaisseur des couches épidermiques, les cellules contiennent, la plupart, une concrétion chacune, en sorte qu'il en existe, dans une seule section perpendiculaire aux faces, trois ou quatre rangées parallèles. Ces concrétions, comme toutes celles que j'ai pu observer dans les cellules du tissu épidermique des cactus, sont caractérisées par une forme sphéroïdale plus régulière, une surface moins hérissée de pointes, un volume plus approximativement égal que dans les cellules des tissus sous-jacents.

[1] Ces cristallisations sont formées par l'oxalate de chaux et toujours accompagnées d'un tissu spécial, visible, soit directement, soit après la réaction des acides azotique et chlorhydrique étendus.

Des agglomérations de cristaux aigus se montrent nombreuses dans les grandes cellules qui s'approchent du tissu fibreux, autour des faisceaux vasculaires du même cactus ainsi que des cinq espèces suivantes. On voit sous deux grossissements une de ses concrétions dans les figures 4 et 4 *bis* de la planche V.

Cactus opuntia tuna. Les concrétions sphéroïdales de l'épiderme, ainsi que les agglomérations hérissées de pointes aiguës et diaphanes occupent respectivement les mêmes places que dans les cactus précédents; on remarque des concrétions volumineuses à cristaux aigus dans le tissu médullaire.

Cactus opuntia ferox. Il contient des concrétions sphéroïdales dans ses cellules épidermiques, des concrétions de cristaux aigus dans les grandes cellules qui avoisinent les faisceaux vasculaires, et des grains d'amidon dans son tissu médullaire.

Cactus opuntia microdasys. Ce cactus renferme, dans l'épaisseur de sa membrane épidermique la plus externe, et qui est hérissée de poils très-multipliés, de petites concrétions sphéroïdales éloignées les unes des autres. Un grand nombre de cristaux aigus, groupés suivants les rayons de sphéroïdes, se montrent dans les cellules du tissu peu abondant en granules verts.

Cactus opuntia brasiliensis. Sous son épiderme, on distingue des concrétions arrondies assez régulièrement espacées. Les agglomérations irradiées de cristaux aigus se montrent graduellement plus nombreuses dans le tissu vert et les grandes cellules contiguës à celui-ci, mais plus rapprochées des faisceaux vasculaires.

Cactus opuntia glaucescens. On voit dans la première rangée des cellules, sous l'épiderme, des concrétions sphéroïdales séparées les unes des autres par une cellule vide que leur développement a considérablement rétrécie. Toutes les concrétions épidermiques sont enveloppées dans une membrane, et la dissolution graduée de l'oxalate laisse voir le tissu interne. La figure 7, planche V, indique les formes de ces concrétions au-dessous des lettres *d*, *d'*, le tissu spécial au-dessous de *d'*, *d''*, persistant après la dissolution de l'oxalate; on y voit les dispositions de ces con-

crétions cristallines dans le tissu. On remarquera encore, dans cette figure en *d'*, *d''*, l'effet de la réaction de l'iode, qui a teint en jaune-orangé la cuticule épidermique.

Cette coloration a persisté ainsi que les formes externes et la structure de cette cuticule, malgré l'addition de l'acide sulfurique.

On voit enfin que le concours de l'iode et de la réaction de l'acide sulfurique a déterminé simultanément la désagrégation de la cellulose des épaisses parois cellulaires, et la coloration bleu-indigo qui caractérise cet état d'agrégation précédant la transformation en dextrine, tandis que les substances azotées, dans les cellules et dans leurs canalicules, se sont teintes en une couleur jaune-orangé. Ce cactus renferme d'ailleurs, sous son tissu vert, un grand nombre de concrétions plus volumineuses hérissées de cristaux aigus.

Echinocactus sulcatus. Il ne renferme que de rares cristaux. La tige que j'ai examinée ne m'a pas paru contenir de concrétions sphéroïdales d'oxalate; mais, en beaucoup de points, les méats intercellulaires étaient fortement incrustés de sels calcaires que l'acide sulfurique attaquait lentement (comme cela se remarque dans les tissus à sucs très-visqueux) en dégageant de l'acide carbonique qui élargissait graduellement l'espace. Il se produisait ainsi du sulfate de chaux cristallisant par degrés en longs prismes irradiés; des granules verdâtres étaient groupés en cercles assez réguliers dans les grandes cellules, sous le tissu le plus abondant en ces granules verts; au delà et plus près du tissu fibreux, on pouvait observer quelques cristaux prismatiques ou rhomboédriques irréguliers d'oxalate de chaux.

Cactus cylindricus. Les concrétions dans le tissu vert de ce cactus et dans les cellules blanches contiguës se montrent sous formes de sphéroïdes hérissées de cristaux longs aigus; des concrétions semblables se voient autour de l'axe de cette tige.

On remarque enfin dans les coins, entre les cellules, des incrustations opaques qui souvent se prolongent sur les parois la-

térales externes, remplissant ainsi un grand nombre de méats intercellulaires.

Ces incrustations, lentement attaquables par l'acide chlorhydrique à 0,1, sont dissoutes par l'acide sulfurique. Le gaz acide carbonique qui s'en dégage distend les méats, et peut rester enfermé pendant plus de dix heures entre les cellules.

Cereus cetaceus. L'oxalate de chaux s'y voit sous plusieurs formes : 1° en cristaux prismatiques rectangulaires isolés; 2° en cristaux semblables groupés au nombre de deux, trois, quatre, etc. et sensiblement autour d'un centre commun; 3° en concrétions irradiées ou sphéroïdales; 4° en raphides courtes, à côtés parallèles, terminées par deux pointes ou tronquées. Tous ces cristaux sont accompagnés d'un tissu spécial, visible directement sur quelques-uns d'entre eux. On remarque, autour de l'axe de la tige, des grains d'amidon et des raphides.

Cereus nycticalius. Il contient d'abondants cristaux anguleux aigus ou prismatiques, rectangulaires et agglomérés en sphéroïdes irréguliers; quelques prismes se voient isolés ou groupés deux, trois, quatre ou un plus grand nombre dans les directions des rayons d'une sphère. Beaucoup de méats intercellulaires sont incrustés de sels calcaires que l'acide chlorhydrique à 0,1 peut attaquer.

Cereus grandiflorus. Il contient un très-grand nombre de courtes raphides, et ne présente que de rares concrétions de cristaux prismatiques. On retrouve des concrétions composées de prismes semblables dans les *Cereus peruvianus, Cereus nycticalius, Cereus obtusus, triangularis, etc.* La figure 5 et la figure 5 *bis*, sous un plus fort grossissement, représentent ces agglomérations cristallines. Quelques-uns des prismes rectangulaires bien isolés se terminent par des pyramides à quatre faces.

Ces derniers cristaux, plus réguliers que la plupart de ceux que nous avions observés antérieurement, n'en sont pas moins accompagnés du tissu spécial des concrétions. On le voit se dessiner graduellement pendant la dissolution lente de l'oxalate de

chaux, à l'aide de l'acide chlorhydrique étendu de 9 volumes d'eau. Les deux figures 6 et 6 *bis*, dessinées avant et pendant la dissolution du sel, démontrent qu'au moment où la réaction pénètre dans le cristal, celui-ci se divise en particules polyédriques ou arrondies, dont les intervalles présentent les apparences d'un tissu réticulaire. Cet aspect, indiqué figures 2 *bis* et 6 *bis*, persiste parfois lentement modifié; ensuite les particules cristallines disparaissent et laissent, en dernière analyse, le léger tissu dans lequel tout le cristal était sécrété. La figure 2 *ter* indique l'apparence de ce résidu organique appartenant à un cristal (figure 2) comme on en trouve beaucoup dans les Juglandées et les Aurantiacées [1]. On parvient à rendre le faible réseau organique (2 *bis*, 2 *ter* et 6 *bis*) plus évident lorsque, sous un très-fort grossissement, la lentille touchant la lamelle de verre, on imprime un petit mouvement au liquide en faisant osciller la vis du microscope. La substance membraniforme, en se déplaçant dans ses parties libres, laisse juger de sa continuité et de sa flexibilité.

Cactus peruvianus. Nous avons déjà parlé d'un de ces cactus rempli d'une quantité extraordinaire de cristaux, offrant la conformation de gros prismes ou de petits octaèdres, agglomérés en très-volumineuses concrétions ou isolés, et tous munis du tissu spécial.

Un individu plus jeune, moins abondamment concrétionné, m'a offert d'ailleurs les mêmes résultats. Son tissu médullaire, contenant quelques prismes rectangulaires assez nettement terminés des deux bouts, était d'ailleurs rempli de grains bien développés d'amidon, montrant très-nettement les lignes de superposition et l'inégale densité de leurs couches concentriques.

Cactus obtusus. Il renferme un très-grand nombre de concrétions formées de prismes rectangulaires et de quelques cristaux à angles irrégulièrement aigus. Le tissu léger de ces cristallisations devient peu à peu discernable, lorsqu'on suit attentivement les

[1] Des cristaux semblables, mais beaucoup plus petits, comme on en voit figure 3, se rencontrent dans presque toutes les feuilles : ils sont aussi composés d'oxalate de chaux.

progrès de la dissolution de l'oxalate calcaire par l'acide chlorhydrique affaibli.

Cactus triangularis. Ce cactus contient un grand nombre de cristaux prismatiques rectangulaires disposés en concrétions irradiées. Leur tissu spécial est souvent visible avant qu'on ne dissolve l'oxalate, à plus forte raison pendant et après la réaction de l'acide.

Rhipsalis cassytha. Ses tiges contiennent de très-nombreuses concrétions à cristaux aigus ou droits; les plus petites se voient dans les cellules sous l'épiderme, elles sont graduellement plus volumineuses en s'éloignant de l'épiderme; un grand nombre d'entre elles remplissent les cellules où elles se sont formées. On voit, dans d'autres cellules agrandies ou ordinaires, des granules d'amidon généralement plus gros dans les grandes cellules. Une substance azotée, plus ou moins abondante, tapisse les parois des cellules dans toutes les parties du tissu.

Les jeunes pousses renferment des concrétions moins nombreuses et d'un moindre volume; elles contiennent plus de matière azotée.

Rhipsalis funalis. On remarque dans celui-ci les mêmes dispositions des concrétions cristallines et des grains très-nombreux d'amidon. La superficie ou la cuticule de l'épiderme est ondulée à larges plis.

Rhipsalis salicornioïdes. Dans celui-ci les concrétions cristallines, semblablement disposées encore, sont cependant moins nombreuses; les granules d'amidon y sont plus petits; de grandes lacunes se voient dans le tissu remplies d'un suc mucilagineux. La membrane épidermique montre à sa superficie des ondulations à plis étroits.

FORMATION ET COMPOSITION DES RAPHIDES.

Ces corps rigides, déliés, souvent très-longs, diaphanes, ont été considérés, tantôt comme des cristaux de phosphate ou de

carbonate, ou d'oxalate de chaux; tantôt comme formés de silice. Entre ces opinions des différents observateurs, M. de Candolle, en leur donnant le nom de *raphides,* ne voulut point se prononcer.

Répandues dans une foule de plantes, abondantes surtout dans les Aroïdées, elles y sont d'abord réunies en faisceaux dans certaines cellules, et parfois dans des vésicules appelées biforines. Les raphides se disséminent ensuite entre les cellules ou dans les larges canaux des pétioles, comme si elles devaient, par leur rigidité, maintenir des passages libres entre elles.

En examinant ces corps dans le lieu où ils se forment, je les ai toujours vus entourés d'un tissu membraneux, de couleur légèrement jaune, offrant tous les caractères du tissu spécial des concrétions. M. Turpin avait déjà observé une enveloppe générale de ce genre, sorte de sac, dans l'intérieur des biforines; mais les longues aiguilles, une fois sorties de leurs cellules, représentaient-elles des cristaux isolés? Cela ne me parut pas vraisemblable d'après mes observations précédentes; leur extrême ténuité rendait bien difficile une analyse individuelle de ces aiguilles microscopiques. Je ne désespérai pas d'y parvenir; et, afin de rechercher si chacune d'elles n'était pas accompagnée d'une substance organique, je déterminai d'abord leur nature chimique. A cet effet, je fis dessécher puis incinérer avec précaution des tranches minces du tissu d'un pétiole d'*Arum colocasia,* préalablement lavées dans l'eau pure afin d'éliminer les sels solubles. Après l'incinération, les agglomérations de raphides dans leurs cellules étaient devenues opaques, comme l'indique la figure 8, planche VII; les acides démontraient la présence du carbonate de chaux en opérant un dégagement tumultueux d'acide carbonique, et l'acide sulfurique en formant du sulfate de chaux. Voulant enlever toute la substance calcaire sans rien déranger, je fis passer sur une autre concrétion, préparée de même, un courant d'acide chlorhydrique pur étendu de cinq cents volumes d'eau. Je vis alors l'opacité disparaître avec le carbonate, et laisser les

traces très-affaiblies, mais évidentes, des raphides diaphanes, un peu courbées et enfermées encore dans la cellule végétale, comme l'indique la figure 8 *bis*, même planche. Cette singulière apparence de corps organisés, persistant après l'incinération et l'action des acides, me sembla devoir être due à une incrustation siliceuse dans la membrane, ce que je parvins à démontrer, comme nous le verrons bientôt.

Dès lors il me parut probable que chaque raphide était munie d'une trame membraneuse, à laquelle l'oxalate de chaux devait ses formes et donnait sa rigidité; que, si je faisais dissoudre le sel sans détruire la matière organique, celle-ci devait reprendre alors sa flexibilité et ses caractères habituels. Afin d'arriver à ce résultat, je fis passer, entre les deux lames de verre qui maintenaient au foyer du microscope des raphides séparées dans une goutte d'eau, un courant d'acide sulfurique graduellement plus concentré jusqu'à 0,5[1]. Je vis des stries marquer la dissolution de l'oxalate, et la substance membraneuse, devenue flexible, se replier, suivant l'impulsion du courant. Sa projection est plus visible après le lavage et l'évaporation du liquide.

Les figures 5 et 5 *bis*, planche IV, montrent les progrès de cette réaction sur les raphides de l'*Arum colocasia;* j'ai obtenu des effets analogues en agissant sur des raphides extraites d'une feuille de vigne; ce phénomène est plus curieux, plus facile à reproduire en agissant sur une biforine tirée de l'*Arum seguinum*. Ainsi que l'indique la figure 1re de la planche VII, pendant que les raphides sont expulsées par l'effet de l'eau, ou mieux de l'acide acétique, l'acide sulfurique arrête au passage ces aiguilles gonflées, les assouplit en dissolvant la cristallisation intérieure, et permet aussitôt de les faire flotter en tous sens, car la partie engagée dans la biforine la maintenant ainsi fixée d'un bout, empêche que les courants de liquide, variés à dessein, n'entraînent ces sortes de membranes organiques en dehors du cercle de l'observation.

[1] Un volume d'acide à 66° + 1 volume d'eau.

SÉCRÉTIONS LIQUIDES.

Nous avons vu que les concrétions de carbonate calcaire, insoluble dans l'eau, constituent véritablement dans un état neutre ou alcalin une partie notable des tissus sous-épidermiques d'un grand nombre de plantes de la famille des Urticées, contenant des sucs acides partout ailleurs. Il m'a semblé que des effets analogues pouvaient être produits dans d'autres végétaux par des composés solubles ou liquides, qui seraient de même maintenus dans certaines régions des tissus, sans communications directes ou libres avec les autres sucs. J'en ai trouvé un exemple remarquable dans le *Mesembrianthemum cristallinum*[1].

Les vésicules qui enveloppent la totalité des feuilles et tiges de cette plante sont remplies d'une solution alcaline. Celle-ci, extraite isolément, ramène au bleu le tournesol rougi, laisse cristalliser sur le porte-objet du microscope l'oxalate de potasse, et donne, avec les sels calcaires, l'acide tartrique et le chlorure de platine, les précipités qui caractérisent ce sel. La substance membraniforme légère qui enveloppe la sécrétion présente, par l'iode et l'analyse, les propriétés des matières organiques azotées; enfin la réaction successive de l'iode, de l'acide sulfurique, y décèle la cellulose en faisant apparaître la coloration bleue spéciale. On trouve encore dans le liquide alcalin des rudiments de cristaux d'oxalate de chaux, enveloppés du léger tissu utriculaire des concrétions.

Toute la périphérie de la plante est donc constituée ainsi dans un état d'alcalinité prononcée; toute la masse des tissus intérieurs, au contraire, est à l'état acide : on s'en assure aisément

[1] Cette plante, où M. Gay-Lussac a constaté la présence de l'oxalate de soude, donne, par son incinération, la *soude de Ténériffe*. Dans le *Mesembrianthemum* cultivé au jardin du Roi, l'oxalate de potasse domine : c'est que, dans le premier cas, le terrain, entouré par les eaux de la mer, abonde en composés à base de soude, tandis que dans le deuxième, comme presque partout à l'intérieur des continents, les composés à base de potasse sont en plus fortes proportions dans les sols, comme dans les engrais et dans les végétaux.

en posant une section fraîche de la tige ou d'une feuille sur un papier bleu de tournesol, car on obtient aussitôt une impression fortement rougie.

Le tissu interne est, en outre, caractérisé par une abondante cristallisation de raphides aiguës et courtes, offrant, en général, la figure d'un double fer de lance, telles qu'on les voit en *b* et *c*, planche V.

SÉCRÉTION FLUIDE DE MATIÈRE HUILEUSE DANS LE PARENCHYME DES FEUILLES.

Parmi les nombreux exemples des sécrétions de ce genre que j'ai observées, l'un des plus remarquables et de ceux qui se rapprochent le plus des appareils sécréteurs des concrétions minérales s'est rencontré dans les feuilles du *Piper colubrinum*. La sécrétion huileuse aromatique existe sous forme de sphéroïdes enveloppées dans un tissu léger, et tout cet appareil glanduleux est renfermé dans une cellule sous-épidermique. Deux rangées de cellules sous l'épiderme de la face supérieure de ces feuilles présentent, à des distances assez rapprochées, des cellules oléifères (voyez les deux rangées de cellules au-dessous de la figure 5, planche VI), tandis que, sous la face inférieure de la feuille, on ne trouve qu'une rangée contenant des cellules oléifères; enfin on les voit encore au milieu du tissu cellulaire qui environne le tissu serré des faisceaux vasculaires dans les nervures. Ici les cellules arrondies qui renferment ces sphéroïdes sont entourées de cellules polyédriques convergentes. Il n'est pas rare de trouver dans la même feuille ces sécrétions à plusieurs degrés de développement: quelques-unes commmencent à peine à entrer dans le tissu destiné à les recevoir; alors celui-ci, moins serré et plus transparent, laisse mieux discerner les détails de son organisation. On s'en peut faire une idée en comparant entre elles les figures 4 et 5, qui représentent ces sécrétions huileuses sous un fort grossissement.

Si l'on soumet à l'acide sulfurique étendu d'un volume d'eau

les sécrétions bien remplies, elles s'exfolient un peu (voyez figure 6) par la désagrégation du tissu sécréteur, et l'acide attaque ensuite la substance oléiforme. Cette altération développe dans la masse huileuse, contenant sans doute de la piperine, une coloration rouge (voyez les figures 6 *bis* et 6 *ter*, voyez aussi les sécrétions oléifères, planche I^re^, figures 4, 10, 11, 12).

ÉTAT DE LA SILICE DANS LES PLANTES.

Mes dernières expériences sur la structure des raphides, en confirmant la loi relative à la formation des cristaux et des concrétions dans les plantes, m'avaient dévoilé un mode d'incrustation siliceuse dans les membranes; je saisis avec d'autant plus d'empressement l'occasion d'approfondir cette question, qu'elle me sembla présenter une grande analogie avec un mode général d'incrustation des membranes végétales par les substances organiques.

Reprenant alors, sous ce point de vue, l'examen des feuilles de toutes les plantes indiquées dans ce mémoire, j'ai trouvé toutes les membranes de leurs tissus épidermiques incrustées de silice. J'ai étendu cette longue série de recherches aux tiges des Graminées et aux Prêles, qui ont offert les mêmes dispositions de la silice dans l'épaisseur des parois de leurs membranes périphériques. Enfin, on avait annoncé que plusieurs feuilles, notamment celles du marronnier d'Inde, ne contenaient point de silice. Je les ai examinées, et j'ai constaté que ces feuilles en renferment dans toutes leurs membrane épidermiques.

Voici les procédés à l'aide desquels la présence de la silice dans les tissus, et ses rapports avec les membranes se peuvent découvrir.

On coupe des tranches très-minces des tissus à observer; on les lave afin d'éliminer les matières organiques solubles qui, pendant la calcination, se boursoufleraient, et les composés à base de potasse et de soude en dissolution dans les sucs, qui, laissant des carbonates alcalins, pourraient réagir sur la silice.

On fait ensuite dessécher le plus possible sur des lames de platine, dans la position où l'on veut observer les tranches; on soumet alors à l'incinération en chauffant les lames jusqu'au rouge. Après avoir laissé refroidir, on observe d'abord les substances incinérées, comme corps opaques. La planche VII, figure 5, montre l'aspect, observé par réflexion, du squelette siliceux et calcaire obtenu après l'incinération d'une tranche très-mince du *Ficus elastica*.

Dans la figure 6, on voit l'aspect de l'une des concrétions et portions de tissu du *Ficus carica* incinéré.

Si l'on enlève avec soin ces tranches brûlées, et qu'on les place sur des lames de verre, on pourra les observer par transmission. Les concrétions rendues opaques par le carbonate de chaux et les gaz interposés paraîtront noires comme dans la figure 5 *bis*, qui représente la concrétion du *Ficus elastica*, et dans la figure 8, représentant une cellule d'*Arum colocasia*, remplie de raphides calcinées.

On fait arriver alors un courant d'acide chlorhydrique très-faible, afin d'éliminer le carbonate calcaire et de mettre à nu la silice. La chaux et le carbonate se dissolvent, et l'on aperçoit, comme l'indiquent les figures, les squelettes des couches épidermiques, et même de légères membranes qui constituaient le tissu spécial pédicellé des concrétions renfermées dans une cellule du *Ficus carica* (voyez figure 6 *bis*). Le squelette siliceux d'un poil des feuilles du même figuier est dessiné figure 7; les fragments de tissu, 5 *ter* et 5 *quater*, extraits de la concrétion 5^{e} du *Ficus elastica*, offrent une nouvelle preuve de son organisation intérieure. On voit dans la même planche un squelette siliceux et calcaire d'une portion du tissu de l'*Equisetum hyemale*, figure 9.

Lorsque l'on veut constater seulement qu'une feuille renferme de la silice dans l'épaisseur des parois de ses membranes, et particulièrement dans les couches épidermiques, sans avoir à retracer certains détails de son organisation, on la fait dessécher à l'étuve, on la brûle dans une capsule de platine chauffée au rouge, on lave à l'eau acidulée, on achève l'incinération en faisant de

nouveau chauffer au rouge après avoir humecté avec de l'acide azotique concentré, puis on observe au microscope le squelette siliceux.

Les membranes du *Chara translucens* sont fortement incrustées de silice; il y en a moins dans le *Chara hispida*, beaucoup moins encore dans le *Chara vulgaris*, où cependant nos procédés démontrent encore la position qu'elle occupe, si l'on observe attentivement le squelette très-rétréci qui reste après l'incinération et après la réaction des acides.

La silice se rencontre non-seulement dans l'épaisseur des parois des poils, de la cuticule et des cellules épidermiques, mais aussi dans les tissus intérieurs des feuilles, où elle incruste les cellules : ses proportions sont plus faibles, tandis que les quantités de carbonate calcaire résultant de l'incinération sont généralement plus fortes, et rendent l'observation difficile au point que, malgré toutes les précautions que nous avons indiquées, il ne reste souvent des cellules du parenchyme que des traces siliceuses à peine discernables.

PROPORTIONS DES MATIÈRES INORGANIQUES FIXÉES DANS LES TISSUS VÉGÉTAUX, ET APPLICATIONS RELATIVES AUX AMENDEMENTS.

Depuis les travaux de Davy, on a parfois attaché trop d'importance à la composition chimique des sols; les expériences ingénieuses et exactes faites par de Saussure, ainsi que les faits recueillis par Thaër, ont en effet prouvé que les substances inorganiques sont fournies surtout par les engrais, à l'état de dissolution qui convient pour qu'elles soient absorbées par les plantes.

Plusieurs savants chimistes et physiologistes, en adoptant cette opinion, ont considéré les substances minérales qui composent les sols comme utiles presque exclusivement par leurs propriétés physiques, si importantes d'ailleurs et si bien étudiées par Schubler; ceux-ci de leur côté sont allés trop loin sans doute.

On a enfin assez généralement admis que les substances inor-

ganiques puisées par toutes plantes, en proportion des quantités de liquide aspirées, se déposent dans leurs tissus suivant les lois physiques de l'évaporation. Ces préceptes, introduits dans la physiologie végétale, doivent encore être rectifiés : cela résulte des observations directes que nous avons exposées plus haut, sur la distribution de plusieurs de ces substances, soit dans l'épaisseur même des membranes, soit dans les méats intercellulaires, soit même dans des tissus spéciaux situés à l'intérieur ou à la périphérie des plantes, soit enfin dans des organes pédicellés, disposés pour les recevoir.

Nous allons démontrer maintenant, par une autre voie, que les propriétés d'absorption diffèrent très-notablement entre certaines plantes.

Et d'abord, je dois rappeler ici que M. Berthier avait déduit, de ses résultats relatifs à la composition des cendres de différents bois, des conclusions analogues à celles qui découlent de mes observations au microscope et des analyses suivantes. L'opinion de M. Berthier ne fut cependant pas admise par les auteurs des ouvrages classiques de physiologie végétale. Les réflexions qui suivent sont extraites du mémoire de M. Berthier.

« Les cendres des bois de même espèce, crus dans des terrains qui ne sont pas de même nature, diffèrent notablement, ce qui prouve que le sol a de l'influence sur leur composition.

« Si l'on examine, au contraire, les cendres de végétaux crus dans le même terrain, on trouve que, quand les espèces ont de l'analogie, les cendres ont beaucoup de rapports entre elles; que, quand les végétaux sont de genres très-différents, les cendres sont aussi très-différentes.

« D'où il faut conclure que les plantes choisissent dans le sol les substances qui leur sont le plus propres.

« Aussi voit-on le bouleau d'Orléans, le châtaignier et l'aulne d'Allevard, venus dans un sol argileux et pierreux, donner des cendres très-chargées de chaux, tandis que la cendre du froment

de Puiselet n'en contient presque pas, quoiqu'il soit cultivé dans un sol calcaire.

« Enfin, ce qui achève de prouver que les substances qui sont fournies par le sol aux végétaux sont choisies par ceux-ci conformément à leur organisation et à leurs besoins, c'est que ces substances sont réparties d'une manière fort inégale dans les différentes parties d'un même végétal.

« Ainsi, pour les grosses branches de chêne, les cendres contiennent 15 pour o/o de leur poids de sels alcalins, et les cendres de l'écorce n'en renferment que 5; la cendre de froment se compose presque uniquement de silicate de potasse, et les grains ne contiennent presque que du phosphate de chaux. »

Ces faits s'accordent encore avec l'opinion suivante, émise par M. Thénard dans son traité de chimie : « L'influence du sol sur les végétaux n'est pas due tout entière à sa température, à l'eau et aux engrais qu'il contient, elle provient encore des sels qui entrent dans sa composition. »

Voici maintenant le tableau des résultats que nous avons obtenus, en déterminant les principales matières inorganiques sécrétées par des portions bien vivantes de divers végétaux.

DÉNOMINATION.	POIDS employé.	POIDS après dessiccation.	REPRÉSENTÉS EN CENTIÈMES.				
			SUBSTANCE HUMIDE.	SUBSTANCE SÈCHE.			
			Eau.	Cendre.	Sels solubles dans l'eau.	Sels de chaux et magnésie, équivalent en carbonates.	Résidu insoluble siliceux.
TIGES ET RAMEAUX.	gramm.	gramm.					
Chara translucens.....	8,220	3,942	52,04	27,20	6,50	6,35	13,85
—— *vulgaris*.....	12,930	9,964	22,93	50,70	8,70	41,90	0,10
—— *hispida*.....	11,350	8,290	26,96	57,70	3,30	53,80	0,60
Prêle, *Equisetum hyemale*....	5,045	1,695	66,44	15,00	2,20	4,00	8,80
—— *limosum*.....	8,610	2,623	69,53	22,20	5,00	7,00	10,20
—— *fluviatile*....	6,503	2,173	66,58	26,40	8,90	6,50	11,00
Salsola kali.....	3,007	0,883	70,63	10,80	6,20	4,55	0,05
Glaciale (*Mesembrianthemum cristallinum*).....	24,285	1,735	92,85	34,50	28,20	5,30	1,00
Incrustation d'un *Cactus peruvianus*.....	0,942	0,920	2,33	48,76	1,09	47,67	traces.
FEUILLES AVEC LEURS PÉTIOLES.							
des Graminées d'une prairie naturelle.....	19,870	2,505	87,41	13,50	7,90	3,30	2,30
—— de Maïs.....	12,090	2,893	76,07	9,80	4,30	2,20	3,30
—— de *Canna edulis*...	9,252	1,770	80,86	9,30	1,50	7,00	0,80
—— de Betterave blanche.....	55,843	5,703	89,78	10,90	4,80	6,00	0,10
—— de Betterave blanche mûre.....	//	//	//	19,40	7,50	11,40	0,50
—— de Sarrasin.....	5,130	0,686	86,62	23,20	4,00	18,60	0,60
—— de *Sol. tuberosum*..	16,812	2,231	86,72	21,50	7,70	13,00	0,80
—— de Houblon.....	6,172	1,728	72,00	19,20	1,60	8,50	9,10
—— de Chanvre.....	6,513	2,122	67,38	32,20	3,20	26,30	2,70
Feuilles de *Broussonetia p*....	19,250	4,287	77,72	17,90	3,20	11,60	3,10
—— de Mûrier.....	5,055	1,411	72,09	16,40	5,60	8,80	2,00
—— de *Ficus elastica*.....	15,642	4,659	70,21	10,20	2,50	7,20	0,50
—— de *Ficus carica*.....	13,815	4,146	69,98	12,30	2,40	8,60	1,30
—— de Vigne.....	6,502	1,487	77,13	11,20	2,80	5,90	2,50
—— de Peuplier.....	5,480	2,008	63,35	12,30	5,00	6,30	1,00
—— d'Acacia.....	5,483	1,990	63,70	8,00	2,56	5,40	0,04
—— d'Orme.....	3,705	1,798	51,47	13,50	3,50	7,10	2,90
—— de Marronnier d'Inde.	6,085	2,825	53,57	11,40	2,20	8,50	0,70
—— d'*Aucuba japonica*...	7,748	2,301	70,30	12,30	3,50	8,10	0,70

En comparant entre eux les résultats numériques contenus

dans ce tableau, on voit encore que des plantes différentes placées dans des circonstances semblables fixent dans leurs tissus des substances inorganiques en proportions très-inégales.

Ainsi, par exemple, le *Chara translucens*, végétant dans les mêmes eaux que le *Chara hispida*, absorbe 23 fois plus de silice et 8 fois moins de carbonate de chaux; tandis que les prêles, qui infiltrent dans leurs tissus des proportions de silice plus fortes que la plupart des autres plantes, diffèrent peu entre elles, relativement aux quantités de silice et de chaux fixées.

Parmi les plantes herbacées en culture dans un même terrain, on remarquera des analogies et des différences notables sous ces rapports.

Le maïs et les graminées d'une prairie naturelle contenaient, dans des proportions très-rapprochées, la silice et les sels de chaux et de magnésie : en moyenne 2,75 de l'une et 2,80 des autres, tandis que la moyenne des sels calcaires contenus dans les cendres des feuilles de sarrasin, pommes de terre et chanvre s'élève à 19,3 pour 0/0, c'est-à-dire à 7 fois davantage.

Les plantes ligneuses offrent des différences non moins remarquables. Ainsi, réunissant les proportions rapprochées des sels calcaires trouvés dans les cendres des feuilles de vigne, de peuplier et d'acacia, on voit que la proportion moyenne des sels calcaires est égale à 0,0576; tandis que, pour trois autres plantes, le mûrier noir, le marronnier d'Inde et le *Broussonetia papyrifera*, la moyenne est représentée par 0,0963, c'est-à-dire par une quantité presque double.

Une différence fort remarquable existe encore entre les quantités et la nature des cendres de deux plantes analysées, tiges et feuilles réunies : en effet, le *Mesembrianthemum cristallinum* sec a donné 0,345 de cendres contenant 0,282 de sels solubles, tandis que le *Salsola-kali* a laissé seulement 0,108 de cendres ne renfermant que 0,062 de salin.

L'ensemble des faits ci-dessus exposés me porte à croire que la théorie rationnelle des amendements, loin de recommander

l'emploi exclusif des substances minérales qui, comme les sables purs et les marnes, ont pour effet principal de changer la constitution physique du sol, montrera les avantages des amendements très-divisés, susceptibles d'être dissous facilement et absorbés par les plantes, d'agir sous un volume peu considérable, et de produire des effets non moins évidents que ceux du plâtre.

Considérés de cette manière, les amendements peuvent être en grande partie fournis par les débris végétaux [1], les fumiers et terreaux qui, dans leurs altérations spontanées, cèdent, non-seulement les produits de la substance organique décomposée, mais encore de la silice et des sels calcaires très-divisés, ainsi que des sels solubles. Les débris animaux répandus sur la terre y laissent une partie du phosphate de chaux que l'on retrouve dans les tissus des plantes.

On ne saurait douter non plus que la consommation annuelle de 10 millions de kilogrammes des résidus de noir animal, naguère perdus, aujourd'hui payés un haut prix et si bien utilisés, ne dût exercer une heureuse et durable influence sur l'agriculture des contrées où on l'emploie, par le phosphate de chaux qu'elle laisse dans ces terrains pauvres en engrais, provenant des détritus d'animaux [2].

On doit ranger encore, dans la classe des amendements actifs la chaux hydratée, qui réunit sur le sol plusieurs conditions favorables à la végétation; une légère réaction alcaline, la désagrégation des menus débris organiques, et la présence du carbonate de chaux, formé lentement dans un état de division qui permet aux eaux naturelles de le dissoudre à la faveur d'un excès d'acide carbonique.

[1] C'est ainsi que la végétation, en ramenant à la superficie de la terre, chaque année, par la chute des feuilles et des tiges, les solutions organiques et inorganiques puisées à différentes profondeurs par leurs racines, empêche de grandes déperditions des liquides infiltrés et entretient la fertilité du sol.

[2] Le noir animal des raffineries, dont le poids et le volume sont accrus d'environ 50 centièmes par le sang des clarifications, revient à 9 ou 10 francs l'hectolitre aux agriculteurs approvisionnés par le cours de la Loire. Malgré ce prix élevé, il constitue encore l'une des principales sources de la prospérité agricole de plusieurs départements de l'Ouest.

Les observations les plus concluantes prouvent les prodigieux effets de la chaux dans la grande culture; mais il importe beaucoup de distinguer son action, qui excite et soutient l'activité végétative de celle des substances organiques destinées à nourrir les plantes, à fournir surtout la matière azotée, presque partout trop rare, et pourtant indispensable au développement de tous les jeunes organes végétaux. Un bon agriculteur doit toujours songer à la fois aux amendements et aux engrais, qui doivent s'entr'aider, non se remplacer [1].

Certains amendements agissent en modifiant la constitution chimique et physique du sol, et fournissent, en outre, aux plantes une matière organique assimilable : telle est la tangue, composée d'un sable siliceux incrusté de carbonate de chaux très-fin, contenant une matière organique azotée [2].

Les détritus de diverses incrustations animales, appelés *merle* à Morlaix et Landernau, sont plus riches encore en matière azotée et substance calcaire; ils rendent de grands services à l'agriculture du Finistère.

Afin d'essayer de résoudre, au point de vue de l'utilité pratique, les questions encore indécises relatives à l'influence de la composition chimique du sol et des amendements sur l'agriculture, il conviendrait de marcher encore vers ce but par la double voie expérimentale : l'observation directe de la distribution des substances inorganiques dans les tissus, et la comparaison des quantités que fixent les différentes plantes, en choisissant d'ailleurs celles qui auraient développé, dans de grandes cultures, une végétation forte et productive; déterminant, enfin, la compo-

[1] Le voisinage des dépôts d'anthracite a rendu plus économique la préparation de la chaux dans la Mayenne, et étendu beaucoup son emploi dans l'agriculture. La quantité fabriquée en 1835 représentait une valeur de 1,056,000 francs. La préparation de la chaux dans le Calvados a produit la même année une valeur de 1,590,816 francs.

[2] Le transport seul de la tangue dans le département de la Manche coûte par année plus d'un million de francs; il a occasionné l'amélioration de la plupart des routes du département. On exploite aussi la tangue dans le Calvados, à l'embouchure de la Vire, d'où elle est transportée jusqu'à quinze lieues dans les terres.

sition chimique du sol correspondant, et tenant compte des substances minérales le plus facilement attaquables par les liquides naturels et les organes des plantes.

On peut espérer que ces observations, répétées sur plusieurs terrains, feront connaître les plantes susceptibles de bien profiter de certains amendements et stimulants : celles qui, récoltées en vert, enlèveraient le plus de la substance utile à leur constitution; enfin, pour les sols pauvres en carbonate de chaux, les plantes qui succéderaient le plus avantageusement à des cultures épuisantes sous ce rapport.

Les résultats consignés dans ce mémoire me semblent fournir déjà des données positives sur les dispositions de certains végétaux à puiser les substances minérales favorables à leur développement dans le sol, les amendements ou les engrais.

COMPOSITION

DE L'ÉPIDERME DES VÉGÉTAUX ET DE LA CUTICULE ÉPIDERMIQUE.

Nous avons vu dans le travail précédent que les membranes ou tissus formant la couche superficielle des végétaux diffèrent des autres tissus en ce que leurs parois sont injectées de silice, souvent en très-fortes proportions; sous ce rapport, la cuticule épidermique, anatomiquement distincte, ainsi que l'a démontré M. Ad. Brongniart, est caractérisée encore par sa composition chimique et par des propriétés remarquables que nous exposerons plus loin.

Il en est de même des poils développés à la surface des feuilles, de certaines tiges et des fruits, tandis que la membrane des poils renfermés dans l'enveloppe des graines du cotonnier est composée de cellulose presque pure.

Une autre propriété caractéristique des membranes developpées avec le contact de l'air se manifestait en présence de l'iode : tou-

jours, en effet, dans les tranches des feuilles de diverses plantes, et des tiges de tous les cactus examinés, l'addition d'une solution d'iode a déterminé la coloration en jaune-orangé de ces parties superficielles, coloration que ne détruisait pas, que rendait plus intense, au contraire, l'acide sulfurique; tandis que les membranes sous-épidermiques ou sous la cuticule, dans les mêmes circonstances, étaient désagrégées, colorées en bleu-violet[1], puis totalement dissoutes. Les poils des graines du cotonnier, développés à l'abri de l'air et de la lumière, offraient aussi les phénomènes de coloration en bleu et de dissolution propres à la cellulose; leur superficie n'était que partiellement et irrégulièrement recouverte de substances organiques azotées. Sur certaines feuilles, les poils, lorsque surtout ils sont venus en grand nombre et rapidement, sont recouverts d'une cuticule continue; mais la couche membraneuse sous-jacente est de nature différente. En effet, la cuticule de ces poils se colore en jaune-orangé par l'iode, et l'addition de l'acide sulfurique fonce cette teinte; mais peu à peu l'acide pénètre dans l'intérieur du poil; il gonfle la cellulose, détermine la rupture de la cuticule, et la cellulose désagrégée paraît avec sa coloration bleue spéciale.

Ce curieux phénomène présente un très-joli aspect lorsqu'on soumet à l'expérience une tranche perpendiculaire aux faces d'une feuille de *Convolvulus Cneorum*. Les poils, très-multipliés sur les bords de la coupe, deviennent jaune-orange par la solution d'iode; l'acide sulfurique concentré fonce cette couleur; puis tous les poils se déchirent, leur cuticule se replie, tandis que la cellulose sous-jacente apparaît bleue et gonflée[2].

[1] Voyez les figures 12 de la planche I^re^, 7 de la planche V, 9 de la planche III, etc.

[2] Dans cette expérience sur les feuilles de *Convolvulus Cneorum*, on peut remarquer, 1° la coloration violette qu'acquiert directement par l'iode la membrane enveloppant chacun des granules verts renfermés dans les cellules cylindroïdes du parenchyme, ce qui montre qu'elle se compose de cellulose peu agrégée, comme dans les feuilles d'orangers, dans certains lichens, etc. etc. 2° que la plupart des cellules du parenchyme, presque sans adhérence entre elles, se disloquent par l'interposition de l'eau; 4° que la membrane des cellules, désagrégée par l'acide sulfurique, bleuit par l'iode, tandis que l'épiderme résiste avec sa coloration jaune.

La coloration jaune-orangé indiquait la présence d'une matière organique azotée, qui eût été, comme la silice, injectée dans toutes les membranes superficielles en question, et qui eût contribué à les rendre plus résistantes, en leur donnant une cohésion plus forte.

Il me parut fort important de vérifier ces hypothèses, et, dans dans cette vue, je crus devoir déterminer la composition élémentaire, sous le rapport de l'azote, de l'épiderme de plusieurs parties des végétaux, et plus tard de l'épiderme d'une même plante à différents âges.

On verra comment les résultats obtenus concurremment avec l'observation des phénomènes produits sous le microscope, me conduisirent à entreprendre de séparer, dans certains épidermes, la cuticule de la couche épidermique sous-jacente, afin d'analyser séparément chacune de ces deux parties.

Les analyses directes furent faites sur les épidermes faciles à enlever, 1° des grandes feuilles d'*Agave americana;* 2° des *tubercules de pomme de terre;* et 3° des tiges de *Cactus peruvianus.* Ces épidermes, épurés avec soin, mécaniquement et par des lavages, puis desséchés à 100° dans le vide, donnèrent des proportions très-notables d'azote, tandis que les cellules sous-jacentes renferment bien dans leur cavité des substances azotées, mais n'en contiennent pas des quantités appréciables dans l'épaisseur de leurs parois. Voici les détails des analyses :

1° ÉPIDERME D'UNE FEUILLE D'*AGAVE AMERICANA.*

Poids de la substance employée pour l'analyse, divisée puis desséchée à + 100° dans le vide 1,158 (cendres déduites= 1,110).

Gaz obtenu	15cc.
Pression	=0,766
Température	+23°

D'où l'on tire, pour 100 parties en poids de la matière analysée, azote = 1,471, ou 1,545 pour 100 de la substance organique.

2° ÉPIDERME DES POMMES DE TERRE DITES *PATRAQUES JAUNES*.

Poids de la matière divisée et séchée à 110° dans le vide = 443 milligrammes.

Gaz azote obtenu	$8^{cc},12$
Pression barométrique	761
Température	+ 21°

La quantité de substance inorganique était de 14 pour 100[1], d'où l'on tire les proportions d'azote en poids :

Pour 100 de matière sèche	= 2,09
Et pour 100 de matière organique	= 2,42

3° ÉPIDERME D'UNE TIGE DE JEUNE CACTUS, POUSSE D'UN AN.

Divisé et desséché à 110° dans le vide.

Poids de la substance sèche employée pour l'analyse = 445 milligrammes; pour 100 parties, cet épiderme sec laissait après l'incinération 8,8 de matière inorganique.

Gaz obtenu	$7^{cc},26$
Pression	= 76,15
Température	+ 19° c[x]

D'où l'on tire, en calculant sur ces nombres, les proportions suivantes d'azote en poids pour 100 :

Épiderme sec	1,878
Substance organique	2,059

4° ÉPIDERME D'UNE TIGE DE *CACTUS PERUVIANUS* ÂGÉ DE DEUX ANS.

Poids de la substance sèche employée pour l'analyse, 523 milligrammes. L'incinération de cette substance a donné 12 de cendres pour 100.

Gaz azote obtenu	= $3^{cc},62$
Pression barométrique	= 77,3
Température	+ 19°

Les proportions d'azote en poids sont donc :

[1] Les cendres étaient blanches.

Pour 100 de substance sèche..... = 0,808
Pour 100 de matière organique..... = 0,916

La composition de ce dernier épiderme différait beaucoup de celle des épidermes des pommes de terre et de la tige du cactus âgé de deux ans; l'examen au microscope pouvait expliquer ces différences : en effet, l'épiderme des pommes de terre se composait d'un tissu à plusieurs rangées superposées de cellules longues, *rectangulaires*, minces, dont toutes les parois se coloraient en jaune orangé par l'iode; il paraissait donc très-probable que toutes leurs membranes étaient injectées de substance azotée.

L'épiderme du *Cactus peruvianus* de deux ans offrait un tout autre aspect. Sa cuticule externe seule était colorable en jaune-orangé par l'iode, comme cela se remarque pour d'autres cactus; tandis que les membranes des cellules épidermiques sous-jacentes étaient fort épaisses, ne se coloraient pas sensiblement par l'iode, et se désagrégeaient par l'acide sulfurique concentré, qui déterminait aussitôt en présence de l'iode la belle teinte bleu-violet caractérisant la cellulose non injectée de substance à composition quaternaire; enfin ces cellules ne renfermaient que de petites masses de substance azotée molle dans leurs cavités libres.

On pouvait donc comprendre la différence de composition sous le rapport de l'azote entre cet épiderme, dont la cuticule seule était injectée, et l'épiderme de pomme de terre dont toutes les membranes étaient injectées de la substance colorable en jaune.

L'observation microscopique rendait compte aussi de la plus grande abondance d'azote dans l'épiderme du jeune cactus; car, au-dessous de la cuticule, les membranes épidermiques de cellulose pure étaient bien moins épaisses dans cet épiderme, et renfermaient, d'ailleurs, dans les cavités des matières azotées plus abondantes. On pouvait donc admettre que la proportion plus faible de cellulose dans la masse totale avait dû augmenter l'influence de la cuticule et des autres corps azotés dans l'analyse, et par conséquent le produit en azote.

Ce n'était pas, toutefois, une démonstration évidente. Pour obtenir celle-ci, il eût fallu connaître la composition de la cuticule isolée du tissu épidermique sous-jacent, et même la composition de celui-ci.

Les réactions microscopiques si nettes qui caractérisent la partie externe des tissus épidermiques appartenant aux cactus, ont fait naître la pensée de diviser en deux, dans son épaisseur, cet épiderme, afin d'analyser séparément la couche superficielle ainsi devenue distincte, et de comparer sa composition avec celle de sa couche épidermique sous-jacente.

Voici comment je suis parvenu à réaliser ce projet : l'épiderme d'une tige de deux ans d'un *Cactus peruvianus* ayant été enlevé avec précaution, puis bien lavé et complétement débarrassé de quelques parties adhérentes du tissu verdâtre en raclant sa face interne et le soumettant a de nouveaux lavages, fut immergé dans une solution aqueuse, saturée d'iode durant quarante-huit heures. La cuticule éprouvait ainsi une contraction que je rendis plus forte en même temps que les cellules épidermiques épaisses étaient dilatées par une immersion et un séjour de quarante-huit heures dans de l'acide sulfurique étendu de son volume d'eau.

Alors, d'une part, la contraction de la cuticule, et de l'autre, le gonflement de la cellulose libre, avaient détruit ou considérablement diminué l'adhérence entre ces deux parties, de telle façon que, après avoir lavé les grandes lames de l'épiderme ainsi préparé, il fut aisé d'enlever, par le frottement d'un tranchant de couteau, la cuticule jaunie, l'épiderme mouillé étant appliqué sur une glace bien plane, posée sur une feuille de papier blanc. Cette opération était facile à suivre dans ses progrès, car la coloration jaune disparaissait en même temps que la pellicule, laissant incolore la lame épidermique dépouillée.

Les deux parties, ainsi extraites, furent plongées, chacune à part, dans une solution de bi-carbonate de soude, puis lavées à l'eau distillée jusqu'à épuisement.

Desséchées, alors elles ont donné à l'analyse les résultats suivants :

5° CUTICULE ÉPIDERMIQUE.

Séchée dans le vide à 110° centésimaux;
Poids de la substance employée, 222 milligrammes;
Contenant pour 100 parties en poids 5,6 de matière inorganique.

Volume du gaz obtenu.....	5cc
Pression atmosphérique.....	760mm
Température.....	+ 18°

En calculant d'après ces nombres ont trouve :

Pour 100 parties en poids de la substance sèche, azote.....	2,597
Pour 100 parties en poids de la matière organique, *id*.....	2,751

On voit que cette composition se rapprochait beaucoup de celle de l'épiderme des pommes de terre dont toutes les membranes, colorables en jaune comme cette cuticule, offraient en effet les mêmes caractères dans les observations microscopiques.

L'autre partie de l'épiderme devait être beaucoup moins riche en azote que la cuticule; elle devait même en contenir moins que l'épiderme entier. Tel fut effectivement le résultat de son analyse, dont les détails suivent :

6° TISSU ÉPIDERMIQUE DÉPOUILLÉ DE SA CUTICULE.

Poids de la substance employée, divisée à la râpe et desséchée à 110° dans le vide, 655 milligrammes.

Volume de gaz azote obtenu.....	1cc,12
Pression atmosphérique.....	74,96
Température.....	+ 20°

L'incinération donna un résidu incombustible de 18 pour 100.
On tire de ces nombres :

Pour 100 en poids de la substance sèche, azote.....	0,192
Pour 100 en poids de la matière organique, *id*.....	0,234

Ainsi donc, l'épiderme avait réellement été divisé en deux

parties bien distinctes par leurs propriétés comme par leur composition chimique : l'une, fortement injectée de matière azotée et de silice, se colorant en jaune-orangé par l'iode, résistant à l'acide sulfurique, la cuticule, en un mot, contenait pour 100 parties de la matière organique 2,75 d'azote, tandis que le tissu épidermique sous-jacent se composait de cellules à parois épaisses, non injectées de substance azotée, non colorables en jaune par l'iode, désagrégées par l'acide sulfurique qui déterminait la coloration bleue, ne renfermant dans leurs cavités que de faibles proportions de substances molles quaternaires; cet épiderme enfin, dépouillé de sa cuticule, ne donnait à l'analyse que 0,234 d'azote, c'est-à-dire moins que la dixième partie de la quantité contenue, à poids égal, dans la cuticule.

Quoique l'acide sulfurique eût été étendu de son volume d'eau, il avait dissous une quantité sensible de cellulose, et un peu de matière azotée. D'ailleurs, attaquant un sel calcaire dans l'épaisseur des parois des cellules de l'épiderme, il avait formé du sulfate de chaux que le carbonate de soude avait ensuite transformé en carbonate, en sorte que la matière inorganique s'était trouvée accrue relativement à la substance organique, puisque le poids de celle-ci avait diminué.

Voulant essayer d'approcher plus près de la composition réelle des deux parties de l'épiderme, je répétai la préparation anatomique ci-dessus indiquée, en faisant réagir sur un épiderme semblable l'acide sulfurique qui avait servi pour la première expérience; cet acide, étant moins fort et déjà un peu chargé de matière organique, devait moins attaquer le nouveau tissu soumis à son action. La durée du contact fut réduite de 48 heures à 12 heures seulement; enfin, les deux parties de l'épiderme furent lavées jusqu'à épuisement avec l'eau pure, sans saturation préalable par le carbonate de soude : les résultats des analyses furent, malgré toutes ces modifications, conformes aux conclusions précédentes, en tenant compte de la quantité plus faible de cellulose attaquée.

7° Analyse de la cuticule épidermique d'un *Cereus peruvianus* (tige de deux ans).

Le poids employé de la substance séchée à 110° dans le vide était égal à 209 milligrammes. Cette substance donnait par l'incinération 3,6 pour 100 de cendres.

On obtint :

Gaz azote	$3^{cc},75$
Pression	= 739
Température	+ 18°

D'où l'on déduit la composition en centièmes :

Pour 100 de la substance desséchée	= 2,012 d'azote.
Et pour 100 de la matière organique	2,086

8° Analyse de l'épiderme.

Dépouillé de la cuticule ci-dessus, desséché à 110° dans le vide, et laissant après l'incinération 13,6 de substance inorganique.

Matière employée	= 756 millig.
Gaz obtenu	$1^{cc},75$
Pression	= 764
Température	16,75

D'où l'on déduit :

100 en poids de ce tissu épidermique sec contiennent	0,271 d'azote.
100 en poids de sa substance organique	0,313

Ainsi donc la cuticule, d'après ces dernières analyses, contiendrait environ sept fois plus d'azote que le tissu épidermique sous-jacent, et l'analyse, dans toutes ces expériences, s'accordait avec les indications des phénomènes observés sous le microscope, indications que l'on remarquera dans les dessins à la fin de ce mémoire.

Planche I^re^ figure 12, en *b' b''*, on voit la cuticule de l'enveloppe adhérente au fruit du blé colorée en jaune par l'iode; elle

résiste, sans que sa couleur change, à l'acide sulfurique, tandis que le tissu sous-jacent est disloqué, coloré en bleu, puis dissous par le même acide.

Planche II. La 3e figure montre, par sa coloration orangée sous l'influence de l'iode, puis de l'acide sulfurique, la cuticule de l'épiderme du *Ficus elastica*, tandis que les cellules du tissu épidermique sous-jacent, en présence des mêmes réactifs, se désagrégent et se colorent en bleu, puis se dissolvent.

Planche III. La cuticule est indiquée avec ses prolongements correspondant aux intervalles, entre les cellules sous-jacentes, dans les figures 1 et 3, des coupes d'une feuille du *Juglans regia*; 4, sur une feuille de *Parietaria officinalis*; 6, coupe d'une feuille de *Morus nigra*; 7 et 8, sur les deux faces d'une feuille de *Ficus reclinata*; 9 et 10, sur des feuilles de *Citrus* et *Limonia*. La teinte jaune-orangé communiquée par l'iode sur la cuticule, figure 9, la fait plus aisément distinguer.

Les figures de la planche IV indiquent la cuticule des épidermes des feuilles de *Conocephalus naucleiflorus*, fig. 1; *Ficus ferruginea*, fig. 7; *Ficus carica*, fig. 12 et 12 *ter*, et *Ficus laurifolia*, fig. 13 et 14.

On voit encore les indications de la cuticule épidermique dans la figure 7 de la planche V, où sa coloration jaune persistante après l'action de l'acide sulfurique la caractérise. Les figures 8 et 9, même planche, montrent la cuticule des feuilles de *Ficus elastica* et *Ficus benghalensis*. On la voit, planche VI, sur les feuilles de *Polypodium irioïdes*, figure 3; de *Piper colubrinum*, figure 4; de *Ficus nymphæi folia*, figures 10, 11 et 12, etc.

Dans le *Cereus nycticalius*, la cuticule se présente plissée sur toute la superficie de la plante; dans le *Cactus microdasys*, la cuticule épaisse est toute hérissée de poils plus ou moins courts et roides, dont les bases élargies se touchent. J'ai vérifié sur tous ces échantillons les propriétés caractéristiques de la cuticule.

On retrouve encore la cuticule par le squelette siliceux retenant toutes ses formes, après l'incinération, comme on peut le voir figure 7, planche VII.

Nous retracerons ici, dans un tableau synoptique, les résultats des analyses précédentes.

TABLEAU DE LA COMPOSITION DES ÉPIDERMES, DE LA CUTICULE ET DU TISSU ÉPIDERMIQUE NON INJECTÉ, DÉPOUILLÉ DE LA CUTICULE.

SUBSTANCES ANALYSÉES.	SUBSTANCE inorganique pour 100.	AZOTE POUR 100		OBSERVATIONS.
		de MATIÈRE sèche.	de la MATIÈRE organique.	
Épiderme d'*Agave americana*.....	4,8	1,471	1,548	D'une très-grande feuille.
Épiderme de tubercule de pomme de terre.....	14	2,090	2,420	Dite *patraque jaune*.
Cuticule épidermique de *Cereus peruvianus* de deux ans.....	5,6	2,597	2,751	Extraite par le premier procédé.
Idem.....	3,6	2,012	2,086	*Idem* par le deuxième procédé.
Épiderme de *Cereus peruvianus* d'un an.....	8,8	1,878	2,059	Dont le tissu était moins épais.
Idem de deux ans.....	12	0,808	0,916	A cellules non injectées très-épaisses.
Tissu épidermique dépouillé de cuticule.....	18	0,192	0,234	De l'épiderme traité par le premier procédé.
Idem.....	13,6	0,271	0,313	*Idem* extrait par le deuxième procédé.

On a vu plus haut que l'injection d'une substance azotée dans les membranes ne se borne pas toujours à l'épaisseur de la cuticule, que souvent, au contraire, elle envahit toutes les parois des cellules de l'épiderme; que même elle s'infiltre parfois dans plusieurs couches superposées de cellules épidermiques : c'est ce qui arrive notamment dans l'épiderme des tubercules des pommes de terre. Ainsi, c'est bien dans les portions périphériques, à la superficie des tissus végétaux, que cette infiltration d'une matière azotée dans la membrane végétale a lieu; mais elle y occupe une épaisseur variable. Tantôt la couche injectée est une pellicule, sorte de tunique générale plus mince ou plus

épaisse que la paroi des cellules sous-jacentes; tantôt l'infiltration occupe une rangée quelquefois même plusieurs rangées de cellules épidermiques superposées. Ce sont donc les parties des tissus exposées à l'air qui s'injectent ainsi; mais on ne saurait attribuer ce phénomène à un simple effet physique de l'évaporation par les superficies des plantes; c'est, au contraire, une de ces sécrétions non disposées au hasard, mais au contraire portées vers des régions spéciales, dans des proportions et une étendue qui dépendent, sans doute, de l'organisme des végétaux.

Un fait remarquable que j'ai constaté, c'est qu'en enlevant à la superficie d'une plante vivante ces tissus injectés, les membranes extérieures des tissus sous-jacents prennent, à leur tour, ces caractères épidermiques en s'injectant de matière azotée. Ce phénomène arrive même lorsque l'épiderme se détache spontanément, ainsi qu'on peut le voir sur un tubercule de pomme de terre près de son entier développement. L'épiderme altéré se détache en divers endroits et aux points correspondants; les cellules, si différentes dans leurs formes, acquièrent, dans leurs parois en contact avec l'air atmosphérique, la composition et les propriétés de l'épiderme ou de la cuticule épidermique.

Nous avons montré par un grand nombre de faits combien les membranes superficielles des plantes résistent à l'action de l'acide sulfurique, assez concentré, cependant, pour attaquer les membranes des tissus intérieurs. Des expériences, nombreuses aussi, nous ont appris que l'acide azotique, l'acide chlorhydrique, les alcalis caustiques, le chlore, attaquent tous les tissus végétaux avant de désagréger l'épiderme ou la cuticule épidermique.

L'expérience est curieuse et facile à faire, en employant une solution saturée à froid de chlorure de chaux : on plonge dans cette solution quelques filaments de coton, de chanvre, de lin; une lamelle d'épiderme de *Cereus peruvianus,* et quelques cellules sous-jacentes; on porte la température jusques à l'ébullition à deux ou trois reprises, et l'on voit toutes les membranes végétales brûler graduellement dans le liquide, leur carbone se combinant à

l'oxygène et formant de l'acide carbonique qui se dégage avec effervescence. Ces membranes se désagrègent par degrés, suivant qu'elles sont plus minces ou douées d'une plus faible cohésion. Les cellules du *Cactus* disparaissent des premières, puis les épaisses cellules épidermiques sont attaquées; en renouvelant deux fois la solution de chlorure et la chauffant à 100° chaque fois, toutes les membranes, excepté la cuticule, disparaissent; il reste un dépôt de carbonate de chaux qu'un peu d'acide acétique enlève. Si l'on examine alors sous le microscope la cuticule débarrassée du tissu épidermique sous-jacent, on reconnaît qu'elle est restée continue; il faudrait plusieurs traitements semblables pour l'entamer.

Une question importante pour l'organographie s'est alors offerte à ma pensée. La pellicule périphérique des tiges et des feuilles était-elle organisée à l'extérieur des végétaux phanérogames d'une manière continue, suivant avec uniformité les accroissements superficiels? ou bien se formait-elle au-dessus de chacune des cellules épidermiques, comme une sorte d'exsudation organisée, venant de l'intérieur et se soudant aux parties antérieurement formées? Cette dernière hypothèse me semble appuyée par les expériences suivantes, entreprises dans la vue de jeter quelque lumière sur cette difficile question.

Après avoir fait réagir le chlorure de chaux sur l'épiderme de *Cactus*, comme nous venons de le dire, si l'on traite par une solution de soude caustique et par des lavages à l'eau pure, on remarquera des dislocations dans la cuticule, et, sous le microscope, on verra que les parties se sont séparées en suivant les lignes de séparation qui correspondaient aux intervalles entre les cellules sous-jacentes. On augmentera ces effets de désagrégation en faisant arriver sur le porte-objet de l'iode, puis de l'acide sulfurique. On arrivera encore à produire les mêmes phénomènes en faisant bouillir l'épiderme dans l'acide azotique, lavant à l'eau, puis plongeant dans l'ammoniaque. Alors la cuticule, blanche jusque-là, prend une belle couleur jaune citrine; elle

est en plusieurs endroits disloquée; un léger frottement avec pression entre les lames de verre et l'addition de l'acide sulfurique rendent plus nombreuses ces dislocations, et comme la séparation a lieu généralement suivant la ligne de séparation des cellules sous-jacentes, précisément aux points du maximum d'épaisseur des saillies, il faut bien admettre que là aussi se trouve une sorte de soudure correspondant à la limite d'action de chaque cellule sous-jacente; que par conséquent la substance aurait été organisée sous une influence venue de l'intérieur de chaque cellule correspondante.

La cuticule, très-résistante encore dans ses morceaux séparés, laisse voir alors son organisation celluleuse, offrant en projection un réseau polygonal très-fin, discernable sous un grossissement de 600 à 900 diamètres.

Dans de semblables circonstances, tous les tissus végétaux ou animaux eussent été détruits.

Ainsi donc, cette sorte d'enveloppe protectrice des végétaux résiste plus que ne le pourrait faire aucune autre membrane des deux règnes aux divers agents chimiques capables d'altérer les corps organisés. Dès que cette enveloppe fait défaut en quelques points, elle est réparée par une production congénère, qui résulte elle-même d'infiltrations au travers ou dans l'épaisseur des parois extérieures des cellules dénudées.

Les faits nouveaux que nous venons d'exposer[1] permettront

[1] Au moment où l'impression de ces mémoires s'achève, il vient de paraître, dans les Annales des Sciences naturelles, t. IX, p. 201 (1843), des Recherches de M. H. Mohl sur la cuticule des plantes. Cette circonstance m'oblige de rappeler que la portion de l'un de mes mémoires qui se rapporte au même objet et indique les propriétés spéciales de la cuticule épidermique fut présentée, avec les figures coloriées, à l'Académie des sciences en 1840; que, dans le rapport sur ce mémoire par M. de Mirbel (comptes rendus 1841), il fut constaté qu'alors j'étais même parvenu à séparer et à analyser la membrane superficielle des végétaux découverte par M. Ad. Brongniart. Au surplus, les faits observés par M. Hugo Mohl présentent une nouvelle et heureuse confirmation de cette partie de mes propres recherches; et si j'ai pu, même avant M. Mohl, pousser plus loin l'étude de cette membrane, de ses développements et de sa composition élémentaire, je le dois aux moyens puissants que la chimie ajoute aux procédés de l'anatomie végétale.

de mieux comprendre comment ces immenses appareils de la nature végétale se défendent spontanément des influences atmosphériques, mieux souvent que ne le pourraient faire les êtres animés d'un autre règne, qui sont doués de la faculté de se mouvoir et de chercher des abris.

MÉMOIRE

SUR

LES DÉVELOPPEMENTS DES VÉGÉTAUX.

SIXIÈME MÉMOIRE.

FEUILLES DÉCRÉPITANTES, PANACHURES DES FEUILLES; FEUILLES AUTOMNALES; FORMATION, DÉVELOPPEMENTS ET OBLITÉRATION DES STOMATES.

Lorsque, grâces à l'obligeance de MM. les professeurs et chefs de culture du Muséum, j'allais chercher dans ce magnifique établissement de nombreux échantillons des plantes de serre et de pleine terre pour l'étude des concrétions minérales dans les feuilles, M. Neuman appela mon attention sur le phénomène curieux ci-après décrit dont il pouvait être intéressant de découvrir la cause. Les feuilles de l'*Aucuba japonica*, jetées sur le feu, font entendre une suite de petites explosions parfois très-bruyantes, et rien de semblable n'a lieu relativement à un grand nombre d'autres feuilles, dans les mêmes circonstances.

Je m'empressai de rechercher par quelques essais d'analyse immédiate s'il se rencontrerait dans ces feuilles un principe particulier doué de la propriété explosive.

Je trouvai dans leurs tissus plusieurs substances azotées, abondantes, solubles et insolubles dans l'eau et l'alcool; une huile

essentielle en quantité notable; deux matières grasses, dont une cristallise, par l'évaporation de l'éther, en longs prismes aiguillés, blancs, diaphanes; des matières colorantes solubles dans l'alcool; une substance brune dans les résidus lavés par les véhicules précédents et soluble dans l'ammoniaque; de la cellulose, de l'oxalate de chaux, un acide libre; divers sels à bases de chaux, de soude et de potasse; de la silice, etc. Aucun de ces produits, essayés, soit ensemble dans chaque extrait aqueux, alcoolique, éthéré ou ammoniacal, soit isolément, ne possédait la propriété en question.

Il me parut alors probable que certaines particularités dans la structure des feuilles d'*Aucuba* devaient occasionner les petites explosions.

Des observations très-attentives sous le microscope me mirent sur la voie des causes que je cherchais. On remarque facilement, d'abord, sous la face inférieure de ces feuilles, une grande quantité de gaz interposés entre les cellules, et plus particulièrement dans les parties du parenchyme qui correspondent aux taches blanchâtres ou d'un vert pâle dont le limbe est parsemé. L'épiderme est très-consistant sur toute la superficie, et la cuticule, fortement imprégnée de silice et de matière azotée, se colore en jaune foncé par l'iode, résiste à l'acide sulfurique, tandis que les membranes des cellules sous-jacentes sont colorées en bleu, se désagrégent et disparaissent.

Mais ce fut principalement la structure ou plutôt l'état particulier des stomates qui me parut devoir donner la clef du phénomène. Voici les dispositions qu'ils présentèrent sous le microscope, soit directement, soit à l'aide de quelques réactifs; et, d'abord, je dois dire que ces observations deviennent plus faciles lorsqu'on fait préalablement passer entre les lames de verre des courants d'ammoniaque, d'eau, d'alcool, d'éther, d'alcool et d'eau qui éliminent la plus grande partie des matières liquides ou molles, azotées, grasses, cireuses, colorantes, et rendent les coupes plus claires et plus transparentes, quelque minces qu'on

ait pu les obtenir d'ailleurs. On voit en P, planche VIII, un stomate et quelques-unes des cellules environnantes; dans chacune des deux cellules cylindroïdes courbes appartenant au stomate se trouvent un certain nombre de vésicules à contours irrégulièrement circulaires, que leur teinte jaune légère ne laisse pas nettement discerner, mais qui, se colorant en jaune-orangé par l'iode, sont alors contractés et très-visibles, comme l'indique la figure P'. On voit, sur cette deuxième figure, la cuticule colorée par le même réactif en jaune plus foncé sur les lignes où elle s'épaissit en s'enfonçant dans les intervalles entre les cellules épidermiques, laissant une apparence de soudure.

Mais ce qui, dans les deux figures, a surtout trait à la question, c'est l'oblitération plus ou moins complète du stomate par une membrane qui s'est développée sur la cuticule pénétrant dans l'ouverture, entre les cellules cylindroïdes courbes. Cette membrane est d'une nature analogue à la cuticule, injectée comme elle de substance azotée, se colorant en jaune-orangé par l'iode, résistant à l'acide sulfurique; cependant, lorsque celui-ci est assez concentré pour détruire les adhérences, on voit les stomates s'ouvrir et l'oblitération disparaître.

Ainsi donc, le fait principal que ces observations révèlent, c'est que les passages des vapeurs et des gaz dans les stomates sont considérablement rétrécis, presque entièrement obstrués : il en résultait que les liquides séveux introduits par les vaisseaux des nervures devaient s'accumuler dans une partie du parenchyme et y accroître la proportion d'eau, et que les intervalles remplis de gaz ou d'air sous l'épiderme de la face inférieure du limbe n'étaient pas en communication très-libre avec l'air extérieur. Or, ces intervalles aérifères devaient surtout acquérir une force expansive par une production de vapeur d'autant plus rapide lorsqu'on venait à jeter les feuilles sur le feu, que les sucs étaient plus aqueux; enfin, on pouvait encore conclure de ce qui précède qu'au moment de cette expansion subite l'épiderme de la face inférieure, attaché par un moins grand nombre de cellules

du parenchyme, devait le premier céder à la pression interne, être gonflé, puis occasionner, par sa rupture, chacune des explosions.

Ces conjectures furent pleinement justifiées par une des expériences les plus faciles à répéter. Je plaçai au-dessus d'une flamme de lampe à alcool la face inférieure du limbe d'une feuille d'*Aucuba japonica;* les petites explosions eurent lieu, et l'on put voir, sur une étendue plus ou moins grande, l'épiderme de la face inférieure soulevé et rompu; on mit sur la flamme la face supérieure d'une autre feuille, et ce fut encore l'épiderme de la face inférieure qui se souleva, puis fut déchiré avec explosion.

Lorsque les feuilles n'étaient pas fraîchement cueillies, les tissus superficiels, moins turgides ou flétris par l'évaporation, devenaient plus perméables, et la décrépitation, si elle avait lieu, était très-affaiblie.

D'ailleurs, l'explication devait conduire à trouver dans des conditions semblables réunies chez d'autres plantes la reproduction de phénomènes analogues. J'essayai cette sorte de vérification *a posteriori,* qui, comme on va le voir, réussit également. Voici quelles étaient, d'après les observations précédentes, les circonstances favorables : 1° l'oblitération des stomates; 2° la formation des espaces libres ou remplis de gaz où la vapeur d'eau pût déterminer une expansion rapide; 3° une résistance telle dans l'épiderme, qu'une pression assez forte fût nécessaire pour le rompre et produire les petites explosions.

J'ai trouvé, en septembre 1840, ces conditions réunies dans les feuilles consistantes, panachées ou tachetées, des plantes désignées ci-dessous :

Laurus nobilis. Ses feuilles, d'un vert prononcé, sont tachées par de larges bandes d'un jaune pâle, qui parfois envahissent la moitié de la surface du limbe. Dans ces portions jaunies, la plupart des stomates sont oblitérés par les développements du tissu cuticulaire; ils sont à peine entr'ouverts dans les portions colorées en vert. La cuticule, pénétrant jusqu'à l'intérieur des stomates,

était colorée en jaune-foncé par l'iode, et résistait à l'action de l'acide sulfurique.

Exposées au-dessus de la flamme de l'alcool, ces feuilles décrépitaient assez fortement. Après ces explosions, on remarqua l'épiderme de la face inférieure soulevé ou détaché sur des étendues plus ou moins considérables.

Buxus sempervirens. Ses feuilles colorées en vert offraient des bandes jaunes plus ou moins étendues; la plupart des stomates étaient presque complétement oblitérés. La cuticule pénétrant dans leur cavité et le tissu développé sur elle ont résisté à l'acide sulfurique, conservant leur coloration orangée acquise par l'effet de l'iode; les deux cellules cylindroïdes courbes appartenant aux stomates contenaient des gouttelettes oléiformes.

Ces feuilles décrépitaient sur la flamme, et lors même que les petites explosions avortaient par une déchirure trop prompte, l'expansion de la vapeur et des gaz avait soulevé et détaché l'épiderme inférieur.

Rhamnus Alaternas. Ses feuilles vertes présentent des taches irrégulières, jaune-pâle, dirigées, dans le sens des nervures, vers leurs bords; les stomates montrent des dispositions organiques analogues aux précédents; les décrépitations que la flamme détermine sont moins fortes; elles soulèvent toujours l'épiderme inférieur, et parfois l'épiderme de la face supérieure.

Ilex albo marginata, houx panaché. Ses feuilles, très-consistantes sont vertes, bordées de bandes blanchâtres sinueuses; elles offrent des stomates dont les deux cellules courbes contiennent des gouttelettes d'huile sphéroïdales assez volumineuses; la cuticule recouvrant le bourrelet en entonnoir que forment les cellules des stomates, rétrécit ou clot entièrement l'ouverture. On parvient à observer cette structure sur les bords des coupes où le tissu cuticulaire obturateur, parfois coupé en deux, laisse apercevoir les détails de son organisation, sa coloration foncée par l'iode, et sa résistance à l'acide sulfurique.

Les feuilles de ce houx panaché décrépitent fortement, et

surtout lorsque, chauffant la face supérieure, on établit, par le mélange de la vapeur d'eau avec les gaz, une forte pression sous l'épiderme inférieur avant que celui-ci ait subi aucune altération. On comprend qu'alors, en effet, l'explosion soit d'autant plus forte que la résistance de l'enveloppe est plus grande avant qu'elle éclate.

Evonymus Japonicus, à feuilles vertes plus ou moins jaunâtres, bordées de blanc et tachées par quelques bandes blanchâtres. Les stomates, presque complétement clos par l'épaississement de la cuticule, offrent à peine une fente linéaire entre leurs deux cellules contournées; celles-ci renferment des gouttelettes oléiformes et des substances azotées.

Exposées au-dessus de la flamme, ces feuilles, fraîchement cueillies, font entendre des décrépitations assez fortes lorsqu'elles ne sont pas altérées.

Hedera Helix. Ses jeunes feuilles offraient de larges panachures, qui parfois occupaient la moitié de la surface; les stomates étaient entr'ouverts, et quelques-uns étaient presque clos; on remarquait sur les feuilles plus développées et d'une consistance plus forte la plupart des stomates oblitérés ou très-peu entr'ouverts; les deux cellules cylindroïdes du stomate contenaient des gouttelettes huileuses, et l'on voyait de semblables gouttelettes dans les cellules épidermiques. Ces feuilles bien développées décrépitaient fortement au feu.

Il s'est rencontré, parmi les divers autres échantillons que j'ai examinés, des feuilles exemptes de panachures, mais très-consistantes, qui, exposées à la flamme, décrépitent assez fortement. Je citerai particulièrement, sous ce rapport, les feuilles bien développées du *Magnolia grandiflora*. Ici d'ailleurs, comme dans les exemples précédents, on retrouve, au nombre des circonstances favorables à ces décrépitations, la forte consistance de l'épiderme, l'oblitération des stomates; on remarque, en outre, que les jeunes feuilles du même arbre qui sont plus souples, dont l'épiderme est moins consistant et plus perméable, ne

donnent lieu à aucune décrépitation, ce qui s'accorde bien encore avec mes précédentes observations.

Les tissus des feuilles du *Magnolia* sont composés de membranes épaissies avec l'âge; aussi contiennent-elles en somme plus de substance solide et moins d'eau que la plupart des feuilles souples des autres plantes et que les jeunes feuilles du même arbre.

Voici les résultats des essais comparatifs faits à cet égard :

DÉSIGNATION DES FEUILLES.	POIDS		QUANTITÉ de MATIÈRE SÈCHE pour 100.
	DE SUBSTANCE fraîche employée.	DE LA SUBSTANCE après dessiccation.	
Deux feuilles bien développées en septembre; les quatrième et cinquième après le bourgeon.....	8,815m.	3,703	41,9
Deux feuilles les plus rapprochées du bourgeon.	8,444	2,257	26,7

On remarquera que la quantité en poids de matière solide contenue dans les jeunes feuilles précitées ne formerait que les 0,66 environ de celle renfermée dans les feuilles plus anciennes.

PANACHURES DES FEUILLES.

Dans les observations qui précèdent on vient de voir que toutes les feuilles décrépitantes portent des stomates oblitérés, et que cette disposition générale est accompagnée d'interposition de gaz, en proportions évidemment plus fortes que dans la plupart des feuilles non panachées; enfin, le défaut de granules colorés en vert, l'accès entravé de l'air, et la stagnation des sucs et des gaz, dans certaines parties de ces tissus, me parurent être des indices ou des effets d'une diminution de l'énergie de la vitalité dans ces feuilles. Il était possible d'admettre, en outre, que l'interposition des gaz entre les cellules des tissus pouvait concourir à la

production de l'opacité et de l'aspect blanchâtre ou jaune pâle des parties panachées.

Conduit par cette discussion des faits observés à rechercher quelques-unes des causes de la panachure des feuilles, je voulus approfondir cette intéressante question, et d'abord vérifier, sur certaines feuilles, dans des conditions très-différentes d'ailleurs, et relativement aux panachures, les dispositions organiques déjà constatées sur les feuilles décrépitantes.

Ces dispositions parurent se présenter en effet sur une volumineuse feuille d'*Agave americana,* dont chacun des deux bords, sur une largeur de un à trois centimètres, offrait une bande rectiligne blanche, légèrement jaunâtre, tandis que tout le reste de la largeur de la feuille était coloré en vert.

La présence des gaz, en proportions plus fortes, dans le parenchyme voisin des bords, fut rendue évidente par une expérience très-simple : une lame de deux à trois millimètres de ce parenchyme décoloré surnageait l'eau, tandis qu'une autre lame semblable, prise dans le tissu normal contigu, se précipitait immédiatement au fond du vase rempli d'eau; et cependant des tranches comprenant toute l'épaisseur de la feuille, prises dans les parties blanches et les parties vertes, plongeaient également au fond de l'eau. Ce pouvait être un indice de la présence des sucs en plus grande proportion, dans une partie de l'épaisseur des zones blanches.

Une démonstration précise de ce fait fut obtenue par la comparaison entre les proportions d'eau contenue dans ces deux parties. 10 grammes du tissu *panaché* se réduisirent, par la dessiccation, à 14, 34 : cette partie contenait donc 85, 66 d'eau pour 100; 10 grammes de la portion des feuilles ayant la coloration verte normale, desséchés, furent réduits à 16,07 : ce tissu contenait donc 83,93 d'eau pour 100, ou 2,17 de moins que le premier.

De semblables expériences comparatives, faites sur les feuilles d'*Orontium variegatum,* à larges bandes blanches, donnèrent :

Pour la portion verte du limbe : eau..... 63 ,30
Pour la portion blanche du limbe : eau..... 66 ,58 } Différence = 3,28 p. 100.

Sur cette dernière feuille, quoique les stomates fussent très-petits, on pouvait, surtout vers les bords des coupes, discerner leurs oblitérations.

Acorus graminifolias. Ses feuilles étroites, longues, très-minces vers les bords, sont bordées, dans la direction des nervures, de bandes blanches, plus ou moins larges; leurs stomates, petits, alignés, peu nombreux, sont tous presque clos ou oblitérés; la cuticule marginale, offrant une forme ellipsoïdale allongée, résiste très-fortement à l'acide sulfurique et conserve la coloration jaune-orangé développée par l'iode[1]; les tissus dans les parties blanches ne contiennent pas de granules verts.

Plusieurs feuilles panachées, souples, moins consistantes que les feuilles décrépitantes, participent un peu de la propriété caractéristique de celles-ci : exposées à la flamme elles font entendre de petites décrépitations, et leur épiderme inférieur est soulevé, distendu ou déchiré. Telles furent les observations faites sur une feuille verte, panachée de *Caladium seguinum variegatum.* De nombreuses taches blanchâtres, irrégulièrement arrondies et allongées dans les directions des nervures paraissaient en relation avec l'accumulation des liquides apportés par les vaisseaux et stagnant dans le parenchyme par défaut d'évaporation. En effet, la plupart des stomates étaient oblitérés ou ne laissaient qu'une ouverture linéaire.

Des dispositions organiques semblables, expliquant à la fois la stagnation des liquides et de l'air ou des gaz dans les tissus, me parurent évidentes dans les feuilles des plantes ci-après indiquées.

[1] Tout le tissu cellulaire sous les couches épidermiques des tiges souterraines de cette plante était rempli de granules d'amidon, tandis que les parties aériennes des tiges n'en contenaient pas sensiblement; il ne s'en trouvait point dans les racines. De volumineuses sécrétions globuleuses, renfermant de l'huile et enveloppées par un tissu azoté, se remarquent en séries, et plus ou moins distantes, sous la cuticule épidermique des portions blanches et vertes des feuilles.

Aristotelia macqui. Ses feuilles verdâtres offraient des panachures jaunâtres, étendues en bandes parallèles aux nervures, dirigées de la nervure médiane vers les bords du limbe; la plupart des stomates étaient oblitérés ou à peine entr'ouverts; la membrane cuticulaire pénétrant dans l'ouverture de ces stomates y constituait généralement le tissu obturateur, et était douée d'ailleurs des propriétés caractéristiques que nous avons indiquées sous les inflences de l'iode et de l'acide sulfurique employés successivement.

Les feuilles d'*Aristotelia macqui*, mises sur la flamme, donnaient lieu à de petites décrépitations.

Symphoricarpus parvi flora. Ses feuilles offraient des panachures jaunâtres étendues, irrégulières; les stomates étaient clos la plupart, ou à peine entr'ouverts; leur cuticule externe, penétrante dans l'ouverture, était fortement imprégnée de substances azotées très-résistantes.

Exposées à la flamme de l'alcool, les feuilles de *Symphoricarpus* panachées donnèrent lieu à de très-faibles décrépitations soulevant l'épiderme inférieur.

Veronica maritima. Ses feuilles vertes, jaspées, à bords blancs jaunâtres, portaient des stomates dont l'ouverture elliptique, bordée d'une épaisse cuticule, était clause par l'extension de ce tissu cuticulaire.

Caladium bicolor. Il montrait la plupart de ses stomates clos ou presque totalement oblitérés; ses feuilles souples exposées à la flamme décrépitaient à peine, quoique l'épiderme fût soulevé.

Caladium hæmatostygma. Au milieu du limbe de ses feuilles, on voyait des taches irrégulières d'un rouge virant au violet, à bords blanchâtres; ses nombreux stomates étaient clos ou laissaient à peine une ouverture linéaire. Je n'ai pas rencontré de stomates dans les parties du limbe correspondantes aux taches.

Arundo donax, variegata. Ses feuilles vertes, à larges et longues bandes blanches, présentaient de très-nombreux stomates, la plupart clos par des extensions membraniformes de la cuticule épi-

dermique. La température subitement élevée par une flamme soulevait l'épiderme sans produire d'explosion.

Dracæna terminalis. Ses feuilles vertes à larges bandes rouges, violettes ou brunes, portaient des stomates clos la plupart, ou en très-grande partie oblitérés.

Rubus leucostachys. On voyait sous ses feuilles de larges taches blanches irrégulières; quelques-uns de leurs stomates étaient ouverts, un plus grand nombre entr'ouverts à peine ; la plupart étaient clos par un tissu résistant, colorable en jaune-orangé par l'iode.

Phalaris arundinacea picta. Ses feuilles, bordées de larges bandes blanches dirigées suivant les nervures, sont amincies et ne décrépitent pas; la plupart de leurs stomates paraissent habituellement clos à tous les degrés de développement de ces feuilles; ces stomates offrent une structure particulière que nous examinerons plus loin (voy. pl. VIII, fig. *o, o', o''*) et qui semble ne devoir jamais laisser que de très-faibles sections de passage à l'air atmosphérique.

Baguenaudier (*Colutea arborescens*). Vers le milieu du mois d'août, il est facile d'observer sur cette plante, 1° les dispositions des stomates qui conviennent à l'exercice actif des fonctions des feuilles, et 2° celles qui s'appliquent à rétrécir les issues des gaz et des liquides : on remarque les premières en examinant sous le microscope la face inférieure d'une foliole développée, mais jeune et bien verte, par une coupe parallèle aux parois. Tous les stomates offrirent une ouverture ellipsoïdale plus ou moins élargie, tandis que, sur l'épiderme des gousses gonflées et à différents états de développements, on vit les stomates clos, par le rapprochement de leurs cellules jumelles en une suture rectiligne, ou par l'oblitération de l'ouverture rétrécie. Les deux dispositions si différentes des stomates ont pour effet, l'une de favoriser, l'autre de diminuer les absorptions et exhalations des vapeurs et des gaz (l'épiderme extérieur enlevé, la gousse retient les gaz qui la gonflent).

Les feuilles de l'*Arundo donax variegata* présentaient leurs larges bandes blanches, aussi faciles à séparer des parties vertes du limbe que dans l'*Orontium variegatum*. J'ai répété sur ces feuilles les mêmes expériences, dont voici les résultats :

	POIDS		QUANTITÉ de matière sèche pour 100.	EAU.
	de la substance fraîche employée.	de la substance après dessiccation.		
Feuilles d'*Arundo donax variegata*, parties vertes.....	5,184m.	924m.	17,82	82,18
Idem, parties blanches.....	6,464	942	14,57	85,43

Ainsi, dans cet exemple encore, les parties *panachées* renferment plus d'eau (3,25 p. 100) que les portions vertes.

Les feuilles de *Croton variegatum* sont la plupart couvertes de taches jaunâtres, pâles, parfois très-larges. En examinant la face supérieure du limbe de ces feuilles, on reconnaît à l'œil nu que les nervures gorgées de sucs font une saillie plus ou moins protubérante, et dirigent les panachures jaunes et rougeâtres. Les pétioles de ces feuilles sont gonflés aussi, tandis que les nervures et les pétioles des feuilles vertes ou très-peu panachées de la même plante ne présentent pas de semblables gonflements.

Tous ces faits s'accordent entre eux comme avec une observation de M. Macaire Princeps relative à l'amoindrissement considérable des fonctions respiratoires dans les feuilles automnales panachées.

A la vérité, ce savant avait attribué le changement de couleur de ces feuilles à des altérations dans la couleur de la matière verte, tandis que M. Mohl reconnut plus tard que, dans ces circonstances, la matière colorante rouge des feuilles se développe souvent dans des cellules épidermiques ou sous-épidermiques, différentes de celles qui renferment les granula-

tions vertes du parenchyme. C'est aussi ce que j'ai observé moi-même[1].

FEUILLES AUTOMNALES.

Toutes les observations sur les *feuilles décrépitantes* et les *feuilles panachées* semblaient indiquer, parmi les principales causes des particularités qui distinguent ces feuilles, l'affaiblissement de l'énergie vitale, surtout dans certaines parties de leurs tissus; l'oblitération des stomates, le ralentissement des fonctions absorbantes et exhalantes, la stagnation des liquides et des gaz, etc. Il me parut probable que des influences, générales dans nos climats vers l'époque où la chute des feuilles est prochaine, devaient réaliser des conditions semblables relativement aux tissus des feuilles caduques surtout, et déterminer dans l'organisme des changements et des phénomènes analogues à ceux que nous venons de décrire.

Les observations suivantes, entreprises d'après ces vues, me semblent de nature à les justifier.

Feuilles de vigne, *Vitis vinifera*. Durant le mois d'octobre, on peut se procurer simultanément et sur le même pied, 1° des feuilles jeunes plus ou moins développées et bien vertes; 2° des feuilles anciennes ayant souffert de l'abaissement de la température, et des alternatives de celle-ci avec une température plus élevée.

Sur les premières, on observe les stomates à l'état normal plus ou moins ouverts, les secondes montrent presque tous leurs stomates clos. Ces feuilles, dont l'énergie vitale est évidemment diminuée ou dont la chute est prochaine, sont tachetées de rouge. Si l'on examine sous le microscope la répartition de la substance colorée, elle offre de jolies ramifications qui dessinent en rouge tout l'appareil circulatoire, car elle remplit, sous l'épiderme des cellules rapprochées, des nervures et des nervules;

[1] Voyez le travail de M. Macaire Princeps dans les Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, t. IV, p. 43, et le mémoire de M. Mohl, *Annales des sciences naturelles*, t. IX, p. 212.

les tissus cellulaires sont envahis par des liquides introduits autour des vaisseaux, et maintenus en excès par suite de l'oblitération des stomates et du défaut d'exhalation aqueuse, phénomènes qui, eux-mêmes, paraissent être des conséquences générales de l'affaiblissement des fonctions assimilatrices des feuilles.

Celtis australis. Ses feuilles, à la même époque, offraient, la plupart, des panachures analogues à celles des feuilles de vigne, disposées suivant toutes les nervures et nervules, et plus particulièrement dans les cellules épidermiques de la face supérieure du limbe; d'ailleurs, la plupart des stomates étaient oblitérés, ou ne laissaient apercevoir qu'une ouverture très-rétrécie, presque linéaire.

Feuilles de poirier, *Pyrus c. sativa*. Sur un arbre d'une grande envergure non taillé, toute la portion du feuillage dirigée vers le sud était alors de couleur rouge-brun, tandis que la partie septentrionale, abritée par des arbres plus au nord, était restée verte. Celle-ci présentait des feuilles à stomates plus ou moins ouverts, tandis que dans l'autre les stomates étaient fermés ou entr'ouverts à peine; d'ailleurs, la matière colorante présentait les dispositions ci-dessus indiquées.

Les feuilles automnales d'ormes et d'un grand nombre d'arbres et arbrisseaux à feuilles caduques offrant des colorations pâles, jaunes, jaunâtres ou rouges, contenaient dans des cellules rapprochées des nervures, des liquides colorés en ces diverses nuances, et qui graduellement s'infiltraient dans les cellules voisines.

Ainsi donc, les espèces de panachures qui caractérisent un grand nombre de feuilles automnales tiennent à des causes analogues à celles qui produisent les feuilles décrépitantes et panachées.

STRUCTURE DES STOMATES.

Les observations qui précèdent ne me laissant plus de doutes sur les relations existantes entre certains états de l'affaiblissement

des fonctions dans les feuilles et les dispositions de leurs stomates, je voulus rechercher si de telles dispositions pouvaient être habituelles pour des feuilles à l'existence ou à l'état normal desquelles ces conditions conviendraient; de celles, par exemple, dont les stomates, à tous les degrés de développement, n'offriraient que des passages toujours fort rétrécis.

Les feuilles du *Phalaris arundinacea picta*, et peut-être de beaucoup de graminées; celles du *Podocarpus macrophyllus*, du *Pinus pinea*, et, sans doute, d'un grand nombre de conifères, me paraissent réaliser cette supposition. J'examinai attentivement cette partie de leur organisme que je vais décrire; je montrerai ensuite, et de même avec le secours des figures, ces dispositions des stomates sur une feuille verte, jeune, bien développée de dahlia, et comparativement sur une autre feuille affaiblie par l'âge et extraite de la même tige. Nous suivrons enfin le développement graduel des stomates dans une même feuille d'une plante dont les tissus absorbent de grandes proportions d'eau.

Phalaris arundinacea picta. Ses feuilles, étendues, vertes, minces, très-souples, sont rayées, longitudinalement et suivant leurs nervures, par de longues bandes blanches plus ou moins larges; exposées à la flamme, elles ne font pas entendre de décrépitation.

Leurs stomates ont une forme particulière indiquée figures *o*, *o'*, *o''*, planche VIII. Les cellules accouplées qui forment les stomates laissent entre elles une ouverture allongée, très-généralement plus étroite que dans la figure *o*, presque close ou légèrement entr'ouverte comme dans la figure *o''*. Une pareille ouverture à peine linéaire se montre dans les très-jeunes feuilles encore enroulées, et dans les feuilles dont le développement est complet. La figure *o'* montre, par une coupe perpendiculaire à la face de la feuille, la structure d'une des cellules du stomate donnant à l'ouverture une forme évasée a l'extérieur comme à l'intérieur; les deux coupes *o* et *o''* sont faites par un plan parallèle à la superficie de la feuille.

Podocarpus macrophyllus. Les cellules épidermiques qui avoisinent chacun de ses stomates présentent dans leur ensemble, autour d'eux, des dispositions symétriques assez remarquables, et les stomates sont en séries linéaires régulières aussi. La membrane épidermique très-résistante se colore en jaune-orangé par l'iode, comme l'indique la portion *q'* de la figure; le stomate présente une grande cavité rétrécie et close extérieurement par un prolongement du tissu cuticulaire, en sorte que c'est au travers de ce tissu que doivent s'infiltrer l'air atmosphérique qui entre et les gaz ou vapeurs exhalés. Des dispositions analogues se remarquent dans les stomates également disposés en séries rectilignes des feuilles du *Pinus pinea.*

Dahlia. Les feuilles développées, mais très-vertes, examinées le 1er octobre, avaient des stomates d'une structure régulière, tels que les montre la figure *i*, planche VIII, généralement entre quatre cellules épidermiques sinueuses. Chacune des deux cellules enveloppantes contenait dix granules à projection circulaire déprimés au centre, abondants en substance azotée; l'épaississement de la cuticule épidermique, engagée dans l'ouverture évasée, formait une doublure parallèle aux parois et fort résistante: cette partie se colorait en orangé-foncé par l'iode, comme le montre la figure *j*. On voit que les granules se sont colorés aussi par le même réactif; qu'enfin les corps azotés contenus dans les cellules épidermiques environnantes ont éprouvé la coloration jaune et une contraction notable. La figure *k* montre, sous l'influence de l'iode, un stomate d'une feuille plus âgée, prenant les caractères des feuilles automnales; *k'* et *k''* indiquent des stomates des mêmes feuilles coupés en deux sur les bords des tranches observées. On voit que la doublure cuticulaire existe bien réellement; en *l*, on remarque un stomate de feuille développée verte, attaquée par l'iode et l'acide sulfurique; la doublure s'est détachée des parois des deux cellules enveloppantes. Elle résiste tellement à l'action de l'acide sulfurique, graduellement plus concentré, que tout le reste du tissu environnant se

désagrége, comme le représente la figure *m*, tandis que cette doublure, intacte, forme encore une membrane annulaire continue.

FORMATION ET DÉVELOPPEMENTS DES STOMATES.

Dans la vue de mieux suivre la formation et les développements des stomates, dont j'avais précédemment étudié les dernières modifications, je crus devoir examiner ces appareils organiques dans leurs dispositions relatives aux besoins d'une même plante; j'espérai même trouver toutes ces dispositions réunies sur une seule feuille, en la choisissant parmi celles dont les différentes parties doivent accomplir des fonctions toutes spéciales; ainsi, par exemple, les longues et volumineuses feuilles de jacinthe, enveloppées et blanches encore dans le bulbe, sont parfaitement incolores; leurs fonctions assimilatrices en ces endroits ne semblent pouvoir tirer de l'extérieur aucun de leurs aliments, directement du moins; ni l'air, ni la lumière ne paraissent y avoir accès. En l'absence de ces deux conditions ordinaires de la coloration verte, il était permis de croire que les stomates, inutiles, n'étaient pas encore formés; en effet, en examinant l'épiderme qui recouvre immédiatement ces parties, on aperçoit des cellules étroites et courtes dont les jonctions bout à bout, comme on en voit trois, figure *a*, planche VIII, n'offrent aucune ouverture ni solution de continuité.

Plus loin, sur la même feuille blanche encore, mais dans le voisinage des parties vertes, on découvre les premiers rudiments de la construction des stomates; je les ai indiqués à deux degrés différents en *b* et *c*, même planche. On voit à leur jonction deux cellules laissant former une ouverture entre elles sous la cuticule. Cet intervalle est rempli de corpuscules à composition azotée; des parois propres entourent et agrandissent cette sorte de lacune, ainsi que l'indique la figure *d*. Ici, comme dans les trois premiers degrés précédents, l'addition de l'iode montre (jusqu'à une ligne de démarcation) que la cuticule existe impré-

gnée de substance azotée, et que des corpuscules, aussi à composition quaternaire, remplissent la cellule nouvelle; on en aperçoit même dans les deux cellules longues contiguës.

Un peu plus haut encore, et plus près des parties vertes de la même feuille, la cellule nouvelle, un peu plus travaillée, est divisée en deux capacités, closes par une cloison ajoutée longitudinalement, comme l'indique la figure *e*. Chacune des cavités est remplie de corpuscules azotés, vésiculeux, libres; jusque-là point d'ouverture encore qui puisse donner accès à l'air, issue aux gaz et aux vapeurs.

En se rapprochant plus des parties colorées en vert, aux points où la nuance verdâtre se décèle à peine, on remarque que les deux cavités closes sont séparées, sur une grande partie de leurs points de contact, par la courbure des parois, dont la juxtaposition établissait un diaphragme; elles n'ont conservé d'adhérence qu'à leurs extrémités : c'est ce que montre la figure *f*. Les corpuscules vésiculeux, dans les deux cavités devenues des cellules courbes, sont plus nettement dessinés et offrent toujours les caractères des matières riches en substance organique quaternaire; une ouverture, évasée vers ses bords, rétrécie au fond, paraît alors s'être établie entre les deux cellules courbes.

Les mêmes dispositions sont prononcées davantage sur la même feuille lorsqu'on observe l'épiderme recouvrant les portions décidément vertes, là où l'influence de la lumière détermine l'assimilation du carbone, l'exhalation des gaz et de l'eau. On y voit, comme en *g*, des stomates complets, à ouverture régulière, elliptique, des corpuscules vésiculeux azotés et la cuticule azotée aussi, plus épaisse et plus azotée encore autour de l'ouverture, comme l'indiquent les coupes *g'* et *g''*.

Toutes les coupes décrites ci-dessus, faites par des plans parallèles à la superficie de la feuille, présentaient des lamelles épidermiques. Il me parut utile de déterminer la structure définitive des stomates par une coupe perpendiculaire à la superficie de la feuille, qui montrât les dispositions des cel-

lules épidermiques, des cellules propres du stomate, et enfin des cellules sous-jacentes, contenant des corps organiques colorés en vert autour de la chambre aérifère, surtout dans la vue de bien apprécier la nature chimique de chacune des parties du stomate et des parties environnantes.

La coupe perpendiculaire, à la superficie qu'indique la lettre *b* sous la figure *f* (on a par inadvertance mis la lettre *b*; mais la figure que nous avons désignée réellement par cette lettre est la deuxième coupe parallèle à la superficie et ne contient pas de matière verte), montre ces relations; on voit, de plus, que l'iode a fortement coloré la cuticule et les corpuscules azotés renfermés dans une des cellules courbes, lunulées, du stomate. Les mêmes dispositions se présentent dans un autre sens, en regardant la figure *h''*. C'est une coupe également perpendiculaire à la surface de la feuille, mais perpendiculaire aussi à la coupe précédente, de façon que l'une des cellules du stomate est coupée dans la longueur au lieu de l'être transversalement; enfin, la coloration spéciale de la cuticule et celle des corpuscules azotés par l'iode s'y remarquent aussi.

Ces deux derniers effets deviennent bien plus prononcés lorsqu'après l'iode on fait passer entre les lamelles de verre de l'acide sulfurique. Dans la figure *h'*, qui représente cette réaction, on voit, en effet, que les matières azotées des cellules du stomate se sont contractées et colorées en jaune; que la cuticule colorée en jaune-orangé se montre par sa tranche plus foncée, et par une partie de sa surface, pénétrant dans la cavité du stomate jusqu'à la chambre à air; d'un autre côté, sous la cuticule, les cellules épidermiques, très-peu injectées de matière azotée, se gonflent, et par leur désagrégation affectent l'état intermédiaire rapproché de la dextrine, présentant la coloration bleu-violet qui résulte de cet état particulier de division des particules organiques de la cellulose.

Les mêmes phénomènes montrent que les cellules sous-épidermiques contenant les granules verts sont, comme les cellules

sous-jacentes, encore composées de cellulose presque pure, tandis que les corps colorés en vert renfermés dans ces cellules éprouvent la contraction et manifestent la coloration jaune-orangé qui caractérisent les matières azotées de l'organisme.

Ainsi donc la cuticule épidermique pénètre dans toute la profondeur de l'ouverture des stomates des feuilles bien développées[1], et les corpuscules à composition quaternaire président à la formation, aux développements comme à l'oblitération plus ou moins avancée de ces appareils. Les différents états des stomates ont des relations évidentes avec l'activité des fonctions des feuilles et les phénomènes qui en dépendent : tels sont, par exemple, la coloration verte, les décrépitations, les panachures et les modifications automnales[2].

Les observations qui précèdent, relatives aux stomates et à la cuticule, reproduisent en grande partie les faits constatés par M. Ad. Brongniart; elles les complètent en montrant les relations de la structure des couches épidermiques avec la nature chimique des membranes contiguës ou superposées; elles prouvent, par différentes réactions rapides, l'altérabilité des tissus intérieurs des feuilles et la résistance de l'épiderme, et surtout de la cuticule, comme M. Brongniart l'avait observé, après des macérations plus ou moins prolongées; elles y ajoutent, enfin, le fait général de la pénétration de la cuticule dans la cavité des stomates, des détails sur la formation, les développements, les oblitérations de ces appareils des végétaux, propres à l'absorption et au dégagement des gaz et des vapeurs.

[1] L'épiderme de la tige du *Cactus peruvianus* offre, adhérente à la cuticule épidermique, tout autour de la margelle du stomate, une pellicule plus mince qui traverse les couches des cellules épidermiques. Cette pellicule, imprégnée d'iode, résiste à l'acide sulfurique qui désagrége les cellules; elle se montre alors sous forme de manchon soudé à l'ouverture du stomate ou continu avec la cuticule.

[2] Ne serait-ce pas encore au défaut d'activité des fonctions respiratoires et exhalantes qu'on devrait attribuer les colorations rouges printannières des jeunes rameaux et des bourgeons au moment où l'afflux de la séve ascendante précède et prépare sur les tilleuls, par exemple, le développement des feuilles?

La démonstration par les moyens que j'ai indiqués permet d'observer une pellicule superficielle azotée sur les *frondes* du *Polypodium irioïdes* et même du *Fucus digitatus*. Cette pellicule, jaunie par l'iode, résiste d'abord à l'acide sulfurique ou conserve, du moins, la coloration orangée, tandis que les cellules qu'elle recouvre se désagrégent en bleuissant, puis sont dissoutes. La présence d'une couche superficielle azotée est donc une de ces lois générales qui régissent la composition de tous les êtres végétaux.

MÉMOIRE

SUR

LES DÉVELOPPEMENTS DES VÉGÉTAUX.

SEPTIÈME MÉMOIRE.

COMPOSÉS À BASES MINÉRALES DANS LES PAROIS DES CELLULES ET LES MÉATS INTERCELLULAIRES ; CRISTAUX DU *PANDANUS* ; CORALLINÉES VÉGÉTALES ; CARACTÈRES DISTINCTIFS ENTRE LES TÉGUMENTS DE DIVERS INSECTES ET DES CRUSTACÉS, ET L'ÉPIDERME DES VÉGÉTAUX ; SUPPLÉMENT AUX ANALYSES DES AMYLATES, ACÉTATES ET HYDRATES DE PROTOXYDE DE PLOMB ; DES TOURBES ET DES PÉRISPERMES ; COMPOSITION DES FRUITS DE *CACTUS*, ETC.

LOIS GÉNÉRALES RELATIVES À LA COMPOSITION DES PLANTES.

APPLICATIONS : 1° À L'ANATOMIE ET À LA PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES ; 2° AUX INDUSTRIES AGRICOLES ET MANUFACTURIÈRES.

Avant d'exposer les lois générales déduites des observations rassemblées dans les six mémoires qui precèdent, il m'a paru convenable d'ajouter ici des recherches que j'ai entreprises depuis la rédaction de ces mémoires, afin de vérifier plusieurs conclusions, et un supplément relatif à des analyses que j'avais omis de rapporter dans le texte précédent.

COMPOSÉS À BASES MINÉRALES DANS L'ÉPAISSEUR DES PAROIS DES CELLULES VÉGÉTALES ET DANS LES MÉATS INTERCELLULAIRES.

Mes dernières recherches relatives aux concrétions inorganiques dans les plantes avaient démontré qu'une sorte de squelette minéral reproduit, après l'incinération, tous les détails de l'organisme. La silice, seule ou accompagnée d'une moindre quantité de sels calcaires, marque le linéament des membranes périphériques, tandis que le carbonate de chaux prédomine aux points où s'est opérée la combustion des cellules situées, soit au-dessous de l'épiderme, soit plus profondément encore dans les tissus; j'avais d'ailleurs observé, dans presque toutes les expériences faites avec l'acide sulfurique sous le microscope, la formation du sulfate de chaux en cristaux longs, irradiés, partant de l'épaisseur des parois entre les cavités cellulaires. Ainsi donc, la silice, d'une part, et un composé calcaire, de l'autre, avaient été interposés dans l'épaisseur des parois cellulaires durant la vie de chaque plante.

Cependant un doute subsistait encore, il fallait le lever ou s'abstenir de conclure.

On pouvait admettre, en effet, que les sels calcaires, plus ou moins solubles, contenus dans les sucs des végétaux, se déposaient sur les membranes au moment de la dessiccation, et formaient un enduit que la calcination ensuite changeait en carbonate de chaux.

Pour apprécier la valeur de cette objection, je crus devoir éliminer tous les sels solubles avant l'incinération, et vérifier, après l'incinération, si le carbonate de chaux représentait encore les parois des cellules détruites dont il tenait la place.

Voici comment je parvins à réunir les conditions favorables à l'expérience : des tranches excessivement minces, 1° de différentes feuilles; 2° des tiges de cactus, et 3° des pétales de fleurs, furent immergées durant plusieurs jours dans l'acide acétique; des lavages, jusqu'à épuisement par l'eau et l'alcool, achevèrent d'en-

lever les dernières traces des composés calcaires libres solubles dans ces trois liquides; j'avais ainsi fait disparaître, en outre, plusieurs sels végétaux, libres aussi, à base de potasse et de soude, qui, décomposés au feu, eussent donné lieu à la formation de silicates, et, par suite, auraient altéré surtout le squelette siliceux.

Le retrait que les tranches éprouvent dans l'alcool prévient une partie des déformations lorsqu'on les brûle.

On place ces tranches sur une lame de verre mince qui repose sur une feuille de platine placée dans une capsule; on peut même les recouvrir d'une lamelle en verre afin de les maintenir en place, et sauf à compléter l'incinération par une injection d'oxygène lorsque tout le petit appareil est à la température rouge.

L'incinération terminée, on observe sous le microscope, d'abord à sec, puis après avoir introduit une guttule d'eau. Le squelette dessine nettement les traits rétrécis du tissu brûlé.

On ajoute alors une goutte d'acide acétique, qui enlève avec effervescence le carbonate calcaire, et rend à la fois plus minces, plus diaphanes, les lamelles membraniformes, résidu de l'incinération, dont quelques-unes disparaissent presque entièrement.

J'ai observé une semblable répartition de la silice et d'un composé calcaire dans les tiges des cactus, dans différentes feuilles, dans les fleurs du *Caladium odorum*, ainsi que dans les pétales de plusieurs autres fleurs.

Ainsi donc, le composé à base minérale et acide organique, seul ou avec la silice, consolide les membranes végétales par son interposition dans la cellulose; il paraît s'être déposé après la silice, puisque la dissolution du carbonate (qui le représente dans plusieurs parties des résidus incinérés) ne disloque pas mais amincit seulement le squelette siliceux.

La loi générale qui résulte de la présence de l'oxalate de chaux dans certaines parties des tissus de presque toutes les plantes permettrait aussi d'entrevoir le rôle de ses concrétions nombreuses et variées, si l'on admettait que de telles sécrétions eussent pour effet, si ce n'était pour destination, soit de mettre en réserve l'un

des matériaux nécessaires au développement des tissus, soit de retirer de la circulation l'excès de ses composants, qui pourrait nuire aux progrès de la végétation.

Une question fort importante restait à résoudre; il s'agissait de savoir quel était, parmi les différents sels contenant des acides organiques, celui ou ceux qui avaient laissé le carbonate, résidu de leur combustion. Ne pouvant démontrer complétement la nature de ce composé, à l'époque où mon mémoire fut présenté à l'Académie, je m'abstins alors de toute hypothèse, me bornant à dire qu'il existait généralement des composés calcaires dans l'épaisseur des cellules végétales.

Depuis, des tentatives plus heureuses m'ont permis d'aborder ce problème dans toute sa généralité; je vais indiquer deux exemples des nouveaux résultats que j'ai obtenus; ils sont assez remarquables, l'un, par la netteté de l'expérience et des observations organographiques qu'il rend accessibles au microscope; l'autre, par la facile solution qu'il donne de questions décidées en sens contraires, à plusieurs années d'intervalle, par les travaux d'un savant analyste.

Voici le premier fait : on enlève avec quelques précautions l'épiderme d'un cactus (*Cereus peruvianus*); il ne reste dans les cellules de cet épiderme épais aucune trace de cristaux; toutes les cellules des tissus sous-jacents renfermant des substances organiques colorées et des matières complexes, sont éliminées mécaniquement sans peine, comme nous l'avons vu à la fin du dernier mémoire. Roulant alors sur lui-même cet épiderme, sorte de peau résistante, on en forme un cylindre que l'on assujettit et qu'on découpe perpendiculairement à son axe, avec un rasoir, en très-minces lanières. Celles-ci sont lavées sur une toile et débarrassées de tout corps soluble ou pulvérulent.

On les presse fortement, puis on les plonge dans une ou deux fois leur volume d'acide acétique à cinq degrés; au bout de quelques heures, on extrait par la pression le liquide acide qui contient de l'acétate de potasse, de soude et de chaux et un peu de pectine.

On épuise les membranes restantes par des lavages à l'eau distillée. L'inspection au microscope montre qu'une légère couche a été enlevée dans l'épaisseur des parois cellulaires sous la première rangée épidermique.

On plonge alors toute la masse dans son volume d'acide sulfurique, étendu de dix parties d'eau, et on laisse réagir pendant une journée.

La solution acide trouble, que l'on extrait ensuite par expression, contient beaucoup de sulfate de chaux, plus un peu de pectine et de sulfate de potasse ; on épuise par des lavages à l'eau distillée.

Après ce deuxième traitement, l'observation microscopique ne révèle aucun changement appréciable.

Cela tient à ce que la pectine, la chaux, la soude et la potasse extraites ne laissent pas de vide sensible, car une substance volumineuse qui les accompagnait est restée, c'est l'acide pectique. On l'extrait facilement, à son tour, à l'aide de l'ammoniaque étendue. Sous le microscope, la réaction est fort curieuse : elle disloque les cellules, évide leurs épaisses membranes, montrant leurs couches superposées; fait apparaître les lignes de démarcation entre les cellules jusqu'alors confondues et permet de les distinguer, tandis que la cuticule épidermique reste continue, montrant de nombreuses cavités et des saillies linéaires qui, formées pendant la végétation, correspondent aux intervalles entre les cellules de la première couche superficielle.

On peut rendre plus évidente l'observation microscopique en ajoutant peu à peu de l'eau, de l'iode, puis de l'acide sulfurique, qui caractérisent par une couleur orangée la cuticule et les autres parties de la cellulose injectées de substance azotée, tandis qu'ils colorent en un beau violet toutes les pellicules superposées de la cellulose pure.

Quant au pectate d'ammoniaque extrait de toute la substance préparée comme nous l'avons vu plus haut, on l'épure par le rapprochement dans le vide, la précipitation par l'alcool, etc.

On peut le transformer en pectate de chaux ou en extraire l'acide pectique. Tous ces produits sont d'une blancheur et d'une pureté remarquables, ainsi que l'on a pu en juger par les échantillons que j'ai présentés à l'Académie.

Le pectate de chaux constitue la plus grande partie du poids des substances interposées dans les membranes des couches épidermiques du cactus; réuni au pectinate de chaux et de potasse, il formait les 0,65 du poids total de l'épiderme. Cette énorme proportion m'a paru variable avec l'âge des portions de tige employées et peut-être suivant d'autres circonstances.

Le deuxième fait que je me proposais de rapporter ici a été recueilli en appliquant les procédés dont je viens de parler au tissu de la betterave blanche. Je suis parvenu à extraire ainsi, *directement et à froid*, la pectine très-abondante et l'acide pectique qui s'y trouvaient combinés avec la chaux, la potasse et la soude.

La question de leur préexistence, qui semblait jusqu'ici fort douteuse, est donc maintenant résolue.

On sait, en effet, que, dans son dernier mémoire sur la betterave à sucre, M. Braconnot supposait la pectine formée par l'ébullition et n'admettait plus que d'une manière dubitative la présence de l'acide pectique [1].

Ces deux principes immédiats, tels que je les ai obtenus, doivent

[1] Dans un mémoire sur les betteraves, leur analyse et les produits comparés de leur culture, lu à la Société philomatique le 2 juillet 1825 (voyez le Dictionnaire technologique, t. XX, p. 73), j'avais indiqué les substances suivantes dans leurs racines:

1° *Eau*, de 85 à 90 centièmes;

2° *Sucre cristallisable*, de 6 à 11 centièmes (dont M. Peligot a trouvé jusqu'à 13 dans les betteraves blanches);

3° *Sucre incristallisable*, que j'annonçai dès lors ne pas préexister, mais très-probablement être le résultat de l'altération du sucre normal, ce qui depuis a été démontré;

4° *Albumine;*

5° *Acide pectique;*

6° *Ligneux* (c'est la *cellulose*), en fibres fortes et utricules très-minces;

7° *Deuxième substance azotée* soluble dans l'alcool;

8° *Matières colorantes* jaune ou rouge, et brunes;

9° *Substance aromatique;*

10° et 11° *Matières grasses*, l'une fluide à + 10°, l'autre consistante à cette température;

12° et 13° *Malates d'ammoniaque et de potasse;*

se rapprocher davantage de l'état normal où ils se trouvent dans les végétaux; car la combinaison de la pectine avec la chaux avait paru indécomposable par tous les agents chimiques, sans altération profonde, tandis qu'en réalité l'acide acétique, on vient de le voir, peut la dégager des membranes végétales, et l'acide sulfurique affaibli en enlève les dernières traces à froid.

Ainsi donc il sera très-facile, en suivant les procédés décrits dans ces deux exemples, d'extraire à froid la pectine et l'acide pectique des tissus végétaux; on pourra, comme je l'ai fait aussi, substituer l'acide chlorhydrique à l'acide sulfurique.

L'étude comparative des produits de l'ancien et du nouveau mode d'extraction paraît devoir offrir de l'intérêt, surtout lorsque l'on considère les curieuses transformations isomériques que M. Frémy a signalées dans son beau travail sur la pectine et l'acide pectique[1].

Un autre composé calcaire m'a semblé contenu dans les parois des cellules des feuilles. La détermination précise de sa véritable nature, dans la position qu'il occupe, présente bien des difficultés; si je parviens à les vaincre, j'aurai l'honneur de communiquer ultérieurement à l'Académie les résultats de mes recherches. Quoi qu'il en puisse être, les notions positives que je viens d'ajouter relativement à la présence des composés calcaires dans les

14° *Chlorure de potassium;*
15° *Azotate de potasse;*
16° *Oxalate de chaux;*
17° *Phosphate de chaux;*
18° *Chlorophylle* (dans les parties exposées à la lumière);
19° *Huile essentielle;*
20° *Silice;*
21° *Soufre.* Outre toutes ces substances observées alors, la betterave contient très-probablement du *caseum*, et enfin les matières ci-après désignées:
22° *Peciates*... } de *chaux*, de *potasse* et de *soude*, que je viens d'y observer.
23° et *pectinate*. }
24° et 25° *Salfate de potasse* et *chlorure de sodium* indiqués par M. Dubrunfaut dans un brevet.
26°, 27° et 28° *Phosphate de magnésie, oxalate de potasse* et *substance mucilagineuse* trouvés par M. Braconnot, et dont j'ai, depuis, vérifié la présence.

[1] On se rappellera sans doute que M. Thénard a le premier annoncé, comme très-probable, la composition isomérique de l'acide pectique et de la pectine.

membranes, et parfois dans les méats intercellulaires des tissus végétaux, indiquent la nécessité de la chaux en divers états dans les terres cultivées, et c'est une nouvelle confirmation des résultats que j'ai précédemment exposés.

A l'époque où j'observai dans l'écorce de l'*Aylanthus glandulosa* (*Annales de chimie*, t. XXVI, p. 331) une substance organique capable de saturer l'ammoniaque, de s'y dissoudre et d'en être séparée en gelées volumineuses par les acides, substance qui fut depuis étudiée par M. Braconnot et nommée acide pectique, je l'avais extraite à froid. Les travaux postérieurs, publiés sur cette substance, me persuadèrent que, généralement, la température de l'ébullition était utile pour l'obtenir, et que mon analyse n'était qu'un cas particulier ; j'ai maintenant la certitude que cette méthode doit être généralisée et s'étendre à l'extraction de la pectine pure.

CRISTAUX DU *PANDANUS*.

Lorsque M. de Mirbel voulut bien s'occuper de vérifier avec moi mes observations sur les concrétions minérales dans les végétaux, nous examinâmes ensemble, sous ce rapport, un organisme remarquable qu'il avait déjà observé en étudiant les tissus d'une tige de *Pandanus*. On rencontre dans ces tissus un grand nombre de cristaux cubiques, rangés en série dans un organisme spécial, dont ils remplissent chacune des loges rectangulaires, évidemment disposées pour les recevoir. Cet appareil, fig. S. S''' pl. VIII, dans son ensemble, offre la configuration extérieure d'une raphide courte, dont les dimensions seraient énormément agrandies. La matière organique qui relie sa structure et recèle l'oxalate calcaire, est d'une nature différente des membranes environnantes. Fortement imprégnée de substance azotée, elle résiste et conserve une teinte jaune-orangé, en présence de l'iode et de l'acide sulfurique, tandis que les tissus environnants sont attaqués, se colorent en bleu et se désagrégent plus complétement, comme on le voit de S' en S'' et S'''. L'acide sulfurique, introduit seul, sous le

microscope, colore en jaune fauve cette sorte de gaîne cloisonnée, et attaque plus en le colorant moins tout le tissu environnant.

Les cristaux *moulés* dans les loges sont lentement attaqués par l'acide, comme on peut le remarquer dans l'avant-dernière loge de l'appareil inférieur sans dégagement de gaz. Entièrement dissous, ils laissent un tissu léger qui les enveloppait.

C'est, comme on le peut reconnaître, un exemple très-digne d'intérêt, soit en raison de ses particularités, soit parce qu'il s'est rencontré dans une Monocotylée arborescente; il ajoutait une nouvelle et curieuse démonstration à celles que j'avais déduites des faits cités dans mon sixième mémoire, relativement aux dispositions des organismes, préparés dans les plantes pour recevoir les sécrétions solides ou liquides, minérales ou organiques. Il est donc bien évident qu'aucun dépôt ne se fait au hasard dans les tissus des végétaux vivants; que dans ces organismes les choses se passent tout autrement que parmi les matières inertes, et à ce point que les phénomènes ordinaires de la cristallisation y sont modifiés, de façon à ranger les particules cristallisées sous des formes déterminées par les influences énergiques de la vie végétale.

NATURE VÉGÉTALE DES CORALLINÉES, CONCRÉTION MINÉRALE ET SÉCRÉTION AMYLACÉE DANS LEUR ORGANISME.

Après une étude approfondie des organes de la reproduction et de la végétation, M. Decaisne est parvenu à établir une classification méthodique des Algues. (*Ann. des sciences nat. 1843.*)

L'un des résultats de ce beau travail, qui fixa surtout mon attention, avait montré parmi ces cryptogames aquatiques une place naturelle pour des êtres considérés anciennement comme des végétaux et admis plus tard au nombre des Polypiers.

Il me parut utile de soumettre quelques-uns de ces Polypiers calcifères aux procédés de détermination chimique qui m'ont servi

à fonder une distinction précise entre les êtres de chacun des deux règnes. Ces recherches avaient pour moi beaucoup d'intérêt, car elles pouvaient s'appliquer à vérifier une loi de la composition des plantes, près de ces limites où parfois nos règles s'effacent.

Parmi les corallinées de M. Decaisne, j'étudiai plus particulièrement les *Corallina officinalis* de Saint-Wast, côtes de Normandie, et *Halymeda opuntia* de la Martinique, que je dus, l'une et l'autre, à l'obligeance de ce savant. Elles m'offraient d'ailleurs l'occasion d'examiner leurs incrustations calcaires abondantes et de les comparer avec les concrétions minérales que j'avais depuis longtemps observées dans des plantes diverses. Ce fut par là que je commençai cette sorte de vérification.

Ici, comme dans l'étude comparée des *Chara hispida*, *Chara vulgaris* et *Chara translucens*, de même encore que je l'avais observé dans un grand nombre de plantes phanérogames, je vis clairement que les sécrétions minérales se réunissent dans des positions déterminées de l'organisme et en proportions dépendantes des facultés de ces êtres vivants, bien plus que de la composition variable des milieux qu'ils habitent.

En effet, si l'on examine très-attentivement au microscope les extrémités les plus jeunes des pousses de la coralline officinale, on remarquera le tissu organique s'avançant au dehors des concrétions, et précédant partout la substance minérale; celle-ci appliquée contre les parois intérieures des cellules, reliée par la matière organique et laissant une cavité vide, graduellement rétrécie, offre dans son mode de développement une certaine analogie avec les inscrustations de substances végétales, qui donnent une grande consistance aux parties dures des plantes ligneuses.

Il est facile de voir, même sous un grossissement faible, et, soit par transparence, soit par réflexion, que dans une petite étendue, à chaque articulation, le tissu exempt d'incrustation calcaire permet une flexibilité notable, et se prolonge plus ou moins en cet état dans l'intérieur (le tissu libre, filamenteux, est beaucoup

plus abondant au milieu de l'*Halymeda opuntia*). Toute la périphérie de la plante montre la substance minérale enlacée dans la matière organique, de telle sorte qu'il serait impossible de justifier la comparaison de semblables formations avec ces dépôts de matières calcaires qui s'appliquent et s'accumulent à la superficie des corps solides inertes dans les eaux incrustantes. Les observateurs attentifs s'en feront aujourd'hui une idée toute différente.

Un autre genre des preuves que nous avons données à l'occasion des Characées se peut appliquer utilement ici : en effet, parmi les Algues venues dans les mêmes eaux, les unes sont exemptes d'incrustations, les autres en sont chargées ; parmi ces dernières, encore, les proportions diffèrent suivant les espèces. Voici la composition des deux Corallinées :

	CORALLINA OFFICINALIS		*HALYMEDA OPUNTIA. M.*	
Carbonate de chaux.....	67 ,20		90 ,16	
Carbonate de magnésie.....	9 ,35	77 ,6	5 ,50	96 ,2
Sulfate de chaux, silice, etc.....	1 ,05		0 ,54	
Matière organique.....	.....	22 ,4	.....	3 ,8
		100 ,0		100 ,0

Ainsi, abstraction faite de l'eau hygroscopique, tout le tissu organique de l'une de ces plantes se réduit à 3, 8 pour 100. Plus des 96 centièmes de son poids total consistent donc en substances minérales.

Au point de vue de ces recherches, il était utile de constater la composition élémentaire de la partie organique, car elle devait correspondre à l'analyse des végétaux ou des animaux d'un ordre inférieur, et avoir dans l'un ou l'autre sens une influence notable sur la question. L'expérience a présenté les résultats suivants : ma-

tière employée, 3gr,130 ; azote obtenu 7cc; température, + 18°; pression, 76mm.

D'où l'on peut conclure que la plante desséchée contient, pour 1,000 parties en poids, 2,63 d'azote équivalant à 17 de substances azotées sur 38 de matière organique totale. Celle-ci, privée de substance minérale, contiendrait donc, pour 100 parties, 44,85 de matière azotée plus 55,15 de matière organique non azotée, ou encore 6,9 d'azote pur, composition tout à fait analogue à celle de l'organisme des végétaux inférieurs, ainsi que des organes très-jeunes de toutes les plantes phanérogames, tandis qu'elle diffère beaucoup de la composition élémentaire des tissus appartenant aux animaux.

Les résultats auxquels j'étais arrivé semblaient concluants déjà ; toutefois il me parut convenable de rechercher dans les tissus de la coralline les propriétés qui, en dehors de la composition élémentaire, caractérisent la cellulose, principe immédiat qui relie toute structure végétale et constitue principalement la substance des *membranes* dans les plantes.

Pour atteindre ce but, j'ai d'abord débarrassé la coralline officinale de ses inscrustations, à l'aide de l'acide chlorhydrique étendu. Lavée alors, puis traitée par l'ammoniaque et de nouveaux lavages à l'eau, elle fut placée entre deux lames de verre, sous le microscope et mise en contact avec une solution d'iode alcoolisée. Aussitôt toute la substance à composition quaternaire, renfermée dans les cellules ou infiltrée dans leurs parois, se décela par une teinte jaune-orangé.

Après cette préparation, introduisant entre les lames de verre une goutte d'acide sulfurique à 4 équivalents d'eau, je pus suivre les progrès de la désagrégation qui marquaient l'arrivée et le passage de l'acide. Ce fut une coloration orangée, rembrunie dans les parties du tissu, fortement imprégnées des substances quaternaires ; puis dans tout le reste du tissu on aperçut les premières réactions dissolvantes déterminant l'effet de teinture de l'iode, car la cellulose se trouvait alors, et dans toutes ses parties succes-

sivement, divisée à cet état de groupes de particules amylacées, qui dessinait en belles nuances violettes les cellules cylindroïdes irradiées ou épanouies symétriquement, à partir des points d'insertion de chaque article.

Ce joli phénomène microscopique terminait élégamment la démonstration que les analyses avaient commencée. Sur un autre échantillon de *Corallina officinalis*, j'ai obtenu directement la coloration violette qui caractérise la matière amylacée, et la cellulose agrégée faiblement.

Il a suffi de tenir la plante plongée dans une solution aqueuse alcoolisée d'iode pour obtenir une coloration violette foncée ; cette coloration manquait dans les extrémités très-jeunes. Pour reconnaître la disposition de la matière ainsi colorable, je fis dissoudre par l'acide chlorhydrique étendu la concrétion minérale ; puis, examinant sous un grossissement de 1,000 fois une coupe très-mince et longitudinale, je parvins à voir la substance teinte en bleu-violet, formant des disques appliqués contre les parois des longues cavités cellulaires de la coralline officinale. Une telle sécrétion de cellulose très-faiblement agrégée vient confirmer les précédentes démonstrations.

Ainsi donc, les dispositions organiques des concrétions minérales, l'analyse élémentaire et les propriétés caractéristiques de la cellulose, s'accordent avec les déterminations organographiques de M. Decaisne, pour classer parmi les végétaux ces algues qui, sur l'autorité de Lamouroux, comptaient naguère au nombre des Polypiers.

PROPRIÉTÉS DISTINCTIVES ENTRE LES MEMBRANES ÉPIDERMIQUES ET CELLULAIRES DES VÉGÉTAUX ET LES TISSUS TÉGUMENTAIRES DES INSECTES ET DES CRUSTACÉS.

Pendant que l'on imprimait la dernière partie de mes mémoires sur la composition chimique et les développements des végétaux, je voulus profiter de toutes les occasions offertes par

l'introduction de faits nouveaux dans la science, pour vérifier les principes généraux déduits de mes recherches. L'intéressante communication de M. Lassaigne[1] ne pouvait donc manquer d'attirer mon attention, car, tout en rectifiant nos idées relativement à l'une des conclusions d'un travail de M. Odier, elle laissait des doutes encore sur l'analogie qui pouvait exister entre les téguments des insectes et les membranes végétales.

M. Odier, dans une série d'expériences sur les élytres et téguments des coléoptères, et sur les carapaces des crustacés, avait observé plusieurs propriétés remarquables de ces tissus, notamment leur résistance aux solutions bouillantes des alcalis caustiques et des acides étendus. Après les avoir épurés par ces agents, il les soumit à la calcination, et reconnut que les produits gazeux avaient une réaction acide; qu'enfin ces membranes n'étaient pas colorées en jaune par l'acide azotique. Trouvant ainsi, dans cette substance organique, des caractères qui la distinguaient des autres tissus animaux, il lui donna un nom particulier et crut devoir la rapprocher du *ligneux*. « Il est fort remarquable, dit l'auteur, de retrouver dans la charpente des insectes la même substance qui forme celle des végétaux[2]. »

La réaction acide observée dans les produits de la calcination de cette substance, fait remarquable d'ailleurs, laissa croire à M. Odier qu'elle ne contenait pas d'azote. Une telle conclusion n'était pas suffisamment justifiée par les expériences mêmes de l'auteur, et elle s'est trouvée inexacte.

M. Lassaigne obtint, en effet, du cyanure de potassium et en égales proportions en faisant réagir le potassium sur les parties résistantes extraites, soit des élytres de coléoptères, soit des chenilles du *Bombyx mori*.

Cette rectification était importante, sans doute, mais elle ne

[1] *Comptes rendus*, mai 1843, p. 1087.

[2] Il la nomma *chitine*, du mot χιτών, enveloppe. Son travail fut imprimé, en 1821, dans les Mémoires de la société d'histoire naturelle de Paris, et un extrait reproduisit ses conclusions dans le Dictionnaire classique d'histoire naturelle.

détruisait pas l'hypothèse d'après laquelle les enveloppes des insectes eussent été assimilables aux membranes végétales, car nous savons aujourd'hui que, dans certaines parties de l'organisme des plantes, la cellulose est injectée de substances azotées, et que précisément cette circonstance se présente toujours relativement à la cuticule épidermique ou à l'épiderme entier[1].

Ainsi donc la présence d'une matière azotée dans les enveloppes des insectes n'était pas incompatible avec l'analogie, l'identité même de composition chimique entre cette membrane et la substance épidermale des plantes; c'eût été une exception applicable à un si grand nombre d'êtres du règne animal, qu'elle pouvait bien compromettre la règle; il eût été de mon devoir de le dire, et par ce motif je tenais à le savoir des premiers.

Les recherches que j'ai entreprises pour résoudre la question ont porté sur les tissus épurés par les solutions alcalines bouillantes, l'eau, l'alcool et l'éther, et, de plus, l'acide chlorhydrique étendu, lorsque la substance était incrustée de carbonate calcaire. Obtenus ainsi des chenilles, des araignées, des mouches, de quelques autres insectes et des écrevisses, ils ont donné les résultats suivants, qui se sont reproduits encore relativement aux chrysalides.

La substance organique de ces différentes origines produisait des vapeurs acides par la calcination, comme l'avait vu M. Odier; elle donnait de l'azote comme l'avait dit M. Lassaigne; il a même suffi de la chauffer avec un alcali caustique pour obtenir un dégagement d'abondantes vapeurs ammoniacales. Cet effet commençait dès que la soude, par exemple, entrait en fusion, désagrégeant dès lors, aussi, sans carbonisation sensible, le tissu, qui était aussitôt devenu soluble dans l'eau avec l'alcali.

Les membranes résistantes en question ne sont dissoutes ni par l'acide acétique concentré, ni par l'ammoniaque en solution saturée : en cela elles ressemblent à la cellulose, mais elles en dif-

[1] Ce fait fut établi dans un mémoire que j'ai présenté à l'Académie en août 1840. (Voyez les Comptes rendus de 1841, p. 799.)

fèrent par beaucoup de propriétés. Une solution aqueuse alcoolisée d'iode les contracte et les teint en jaune-orangé; si l'on fait intervenir alors l'acide sulfurique, la désagrégation arrive et la nuance se fonce sans qu'il se développe aucune coloration violette ou bleue. Ces réactions et beaucoup d'autres, ainsi que la présence de l'azote, ne permettent pas de confondre ces tissus avec la cellulose pure; mais d'autres expériences étaient nécessaires pour les distinguer nettement des membranes épidermiques végétales. Parmi les faits que j'ai observés, je citerai seulement les plus concluants à cet égard.

1° L'acide sulfurique à 1, 5 équivalents désagrége et dissout en un instant les téguments des insectes, tandis qu'il attaque à peine, en quelques heures, le tissu de la cuticule épidermique des végétaux; l'acide sulfurique à 3 équivalents d'eau désagrége en quelques heures le tissu animal, tandis que l'épiderme des plantes résiste durant plus de quinze jours.

2° L'acide azotique ordinaire à 4 équivalents d'eau dissout immédiatement, à froid, presque son volume des téguments des insectes, tandis qu'il laisse à la pellicule végétale, durant plus d'un mois, sa structure et ses formes extérieures.

Cette réaction est remarquable, surtout quand elle s'applique aux enveloppes épaisses des écrevisses. Plongées quelques instants dans l'acide, elles s'en imbibent et deviennent diaphanes; laissant alors égoutter tout le liquide libre, les membranes conservent leurs formes, mais bientôt après leurs bords se fondent, et, la fusion se propageant, toute la substance solide, organisée, se change en un liquide sirupeux, incolore et transparent. Si l'on ajoute en ce moment de l'eau ou de l'alcool en grand excès, la matière organique se précipite; bien lavée elle reprend en partie ses caractères primitifs; les solutions alcalines ou acides étendues ne l'attaquent pas sensiblement; si, au contraire, on avait laissé continuer la réaction de l'acide azotique concentré, la solution sirupeuse serait devenue très-fluide et n'eût plus été précipitable par l'eau.

3° L'acide chlorhydrique, à 21° ou 6 équivalents d'eau, pénètre, rend diaphane, désagrége et dissout en quelques minutes les téguments des insectes. La solution n'est pas précipitée par l'eau; l'alcool la précipite en gelée opaline. Le même acide agit très-lentement sur l'épiderme des plantes et l'attaque à peine en quelques jours.

4° Toutes les solutions précédentes de la matière animale, étendues et neutralisées à l'aide d'une base soluble, furent abondamment précipitées par le tanin; le dépôt, lavé, séché, donna des vapeurs alcalines par la calcination. Rien de semblable n'eut lieu, dans les mêmes circonstances, relativement à l'épiderme végétal.

5° Une solution, presque saturée à froid, de *chlorure de chaux* pulvérulent, mise en contact avec chacune des deux substances, puis portée durant quelques minutes à l'ébullition, désagrége et brûle rapidement les téguments des insectes, tandis qu'elle attaque lentement l'épiderme d'un *Cactus peravianus*, ménageant plus la cuticule que la cellulose sous-jacente.

On pouvait présenter encore une objection, en supposant que les propriétés particulières des tissus de ces deux origines tenaient à des cohésions spéciales et non à une composition réellement différente.

Des analyses élémentaires devenaient donc indispensables pour lever tous les doutes. Elles ont donné les résultats suivants, parmi lesquels j'ai indiqué l'analyse de l'épiderme végétal, épuré et même disséqué, de façon à obtenir isolément la composition de la cuticule épidermique. (Voir aussi le cinquième mémoire, page 112).

SUBSTANCES ANALYSÉES.	POIDS employé.	AZOTE obtenu.	PRESSION.	TEMPÉRATURE.	CENDRES déduite.	AZOTE p. 100.
Membranes de carapace d'écrevisse.	0^{gr},1354	10^{cc},5	76,1	+ 21	0,91	8,935
Téguments des vers à soie.....	0,103	8	76	19	1,40	9,045
Épiderme de pomme de terre....	0,443	8,12	76,18	21	14	2,431
Épiderme de *Cactas peruvianus* d'un an.....	0,445	7,26	76,15	13,1	8,8	2,059
Idem de deux ans.....	0,523	3,62	77,3	19	12	0,906
Cuticule de l'épiderme précédent..	0,222	5	76	18,1	5,6	2,551
Cellulose.....	"	"	"	"	"	"

Ce tableau fait ressortir des différences plus tranchées encore que n'en pouvaient offrir les réactions précédentes, entre les tissus tégumentaires des crustacés et des insectes de divers ordres [1], et les substances formant la pellicule periphérique des végétaux phanérogames.

Dans les plantes comme dans leur épiderme, on retrouve toujours d'ailleurs, et en fortes proportions, la cellulose dont l'azote ne fait point partie constituante, la cellulose qui, ne se rencontrant dans aucun des tissus animaux, reste la base d'une distinction fondamentale entre ceux-ci et les végétaux dont elle relie toute la structure.

[1] La composition élémentaire de ces tissus, qui offre une proportion d'azote plus faible que celle des matières azotées neutres, la réaction acide des gaz de leur calcination et la réaction alcaline des vapeurs obtenues en calcinant la portion unie au tanin, me semblent autant de motifs pour croire que ces tissus contiennent deux principes immédiats, dont l'un pourrait bien se rapprocher, par sa composition élémentaire, des autres membranes animales.

PROPRIÉTÉS NOUVELLES DES ACÉTATES ET DU PROTOXYDE DE PLOMB ANHYDRES ET HYDRATÉS; APPLICATIONS AUX ANALYSES ORGANIQUES.

Je fus conduit à entreprendre ce travail en 1837, après avoir étudié le moyen de contre-balancer la force qui unit la base à l'acide de l'un des acétates de plomb, résultat qui me paraissait utile, surtout pour déterminer les poids équivalents des principes immédiats, neutres ou indifférents des végétaux. L'application que j'avais pu faire de ces données à préparer l'amylate et le dextrinate de plomb (voyez 2e mémoire, page 321), me fit espérer que le même moyen servirait à combiner en proportions définies plusieurs autres substances organiques indifférentes. Enfin, il pouvait être utile de présenter un exemple des avantages que procure l'emploi du microscope pour l'étude des cristallisations ayant l'apparence de précipités amorphes.

Je crois être parvenu au but que je m'étais proposé et, de plus, à faire connaître plusieurs procédés à l'aide desquels on obtient bien pur l'acétate tribasique, dont on ignorait la véritable cristallisation; à démontrer la préparation par voie humide du protoxyde de plomb à l'état de cristaux anhydres purs et diaphanes; à prouver l'existence, jusqu'ici douteuse, d'un hydrate de protoxyde de plomb, et sa préparation sous formes cristallines bien nettes; enfin, à indiquer des moyens faciles et sûrs de distinguer les uns des autres les acétates de plomb et leurs mélanges.

J'exposerai plusieurs caractères nouveaux de l'acétate neutre de plomb, puis les phénomènes qu'offrent sa décomposition et celle de l'acétate tribasique, lorsqu'elles donnent naissance aux produits ci-dessus annoncés.

CRISTALLISATION DE L'ACÉTATE NEUTRE PAR L'ALCOOL.

Une solution aqueuse d'acétate de plomb neutre, saturée à la température de + 22° centésimaux, que l'on agite un instant

avec son volume d'alcool à 0,95, ne se trouble pas, mais donne, au bout de plusieurs jours, une cristallisation en prisme volumineux nettement terminés. Il arrive parfois qu'au bout de 48 et même de 96 heures la cristallisation n'est pas encore commencée; si alors on agite, elle se fait rapidement sous la forme d'un précipité cristallin.

DÉGAGEMENT DE L'EAU DE CRISTALLISATION DE L'ACÉTATE NEUTRE DE PLOMB, À FROID ET DANS LE VIDE SEC.

L'acétate neutre placé dans le vide sec, à la température de 20°, commença bientôt à s'effleurir et perdit sa transparence; au bout de 12 heures on le réduisit en poudre, puis il fut replacé dans le vide.

48 heures après on en soumit 3 décigrammes à la calcination : ce sel éprouva la fusion ignée, entra en ébullition, puis se concréta et fut brûlé; il laissa un résidu formé en grande partie de globules métalliques. On voit qu'il présentait les caractères de l'acétate anhydre : en effet, la combustion ayant été rendue complète par l'acide azotique, le résidu pesa 205 milligrammes. La perte avait donc été de 95 milligrammes; ce qui donne, à peu de chose près, le rapport de l'équivalent du protoxyde à l'acide acétique, 205 : 95 : : 1394,5 : 646,2.

24 heures après, la portion laissée dans le vide avait encore éprouvé une légère déperdition d'eau accompagnée de traces d'acide; et une deuxième incinération fit voir que le rapport de l'oxyde aux substances dégagées en brûlant était : : 1394,5 : 641,5. On recommença le même essai au bout de 48 heures : la déperdition, encore un peu accrue, donnait la proportion 1394,5 : 626; en effet, 3 décigrammes complétement brûlés laissèrent 207 milligrammes de protoxyde de plomb (207 : 93 : : 1394,5 : 626). Il paraissait donc évident que l'eau de cristallisation s'était, à très-peu près, entièrement dégagée en déterminant la décomposition de quelques particules du sel. Afin de s'en assu-

rer on laissa 12 heures encore l'acétate dans le vide, à la température de l'air, qui s'était alors abaissée à 15°; puis on procéda à son analyse élémentaire par l'oxyde de cuivre et à un nouvel essai par incinération. Voici les résultats de ces deux opérations.

L'incinération à l'air donna, à 0,0005 près, le même produit fixe que la précédente. 12 décigrammes brûlés par l'oxyde de cuivre donnèrent 6,24 d'acide carbonique et 2,01 d'eau.

D'où l'on déduit, pour la composition du sel de plomb,

EXPÉRIENCE.		CALCUL.		
Carbone.....	14,4	C^8.....	306,0...	15,0
Hydrogène.....	1,8	H^6.....	37,5...	1,8
Oxygène.....	15,0	O^3.....	300,0...	14,8
Oxyde de plomb.....	68,8	PbO.....	1394,5...	68,4
	100,0		2038,0	100,0

Si l'on compare dans ces résultats le poids du résidu fixe à celui des substances volatilisées, on aura 8,264 : 3,736 : : 1394,5 : 630.

On voit donc, d'une part, que cette analyse s'accorde, à 0,01 près, avec le produit de l'incinération à l'air; qu'en outre, la proportion d'acide acétique représentée par le carbone serait seulement égale à 609 pour 1394,5 d'oxyde de plomb : il y avait donc eu perte de 34 sur 643, ou environ 5 pour 100, ce qui s'accorde bien encore avec l'observation de la réaction acide des produits volatilisés dans le vide. Enfin, le léger excès d'eau (21 sur 630) doit tenir à trois causes : la formation d'une minime quantité d'acétate tribasique à 1 équivalent d'eau, l'existence d'une petite proportion d'acétate neutre non encore privé de son eau, et peut-être le léger excès d'hydrogène que donne ordinairement l'analyse [1].

[1] La vapeur aqueuse d'une solution bouillante, même étendue d'acétate neutre de plomb, a constamment une réaction acide.

PHÉNOMÈNES DE LA DÉCOMPOSITION DE L'ACÉTATE NEUTRE DE PROTOXYDE DE PLOMB PAR L'AMMONIAQUE.

Suivant les proportions, la température et le mode d'opérer, les résultats de la décomposition de l'acétate de plomb neutre par l'ammoniaque peuvent être fort différents. Nous décrirons les procédés qui, par ces agents, donnent à part l'acétate tribasique, le protoxyde hydraté et le protoxyde anhydre, tous trois cristallisés.

Si l'on verse, goutte à goutte et en agitant, de l'ammoniaque dans une solution d'acétate neutre saturée à + 22°, étendue de 2 volumes d'eau, chaque addition donne lieu à un équivalent d'acétate d'ammoniaque et d'acétate de plomb tribasique, mais tout reste dissous.

On dépasse même la proportion d'ammoniaque utile pour opérer la conversion complète en ces deux nouveaux acétates, et au point que le liquide développe une odeur sensible d'ammoniaque sans rien précipiter.

Cependant, peu à peu, au bout de plusieurs heures une très-lente cristallisation se manifeste en vases clos et sans changements de température appréciables.

ACÉTATE TRIBASIQUE FORMÉ SOUS L'INFLUENCE DE L'AMMONIAQUE ET OBTENU EN CRISTAUX.

On peut aisément observer cette réaction en opérant ainsi : on porte 100 volumes d'eau à l'ébullition, qu'on soutient 20 minutes afin de chasser tous les gaz ; on y ajoute 100 volumes de solution d'acétate neutre saturée à 30° ; puis, lorsque le liquide est à la température de 70° centésimaux, on y ajoute en l'agitant 20 volumes d'ammoniaque liquide délayés dans 100 volumes d'eau à 60°. On laisse en repos, et une cristallisation lente dépose sur les parois du vase des prismes très-fins aiguil-

lés qui, sur divers points, s'opposent bouts à bouts, puis d'autres venant converger aux mêmes points ; on aperçoit en nombre croissant de belles aigrettes blanches satinées.

Si, toutes choses égales d'ailleurs, on diminue ou l'on augmente la proportion d'eau, la cristallisation pourra être beaucoup ralentie ou accélérée. Ainsi la solution d'acétate neutre, *saturée à + 20°*, traitée même à froid, comme nous venons de le dire, l'air extérieur étant à la même température, ne commencera qu'après quelques heures à donner des cristaux, dont le nombre s'augmentera durant plusieurs jours.

Si l'on ajoute l'ammoniaque à froid dans la même solution d'acétate neutre saturée, mais sans y ajouter d'eau, un abondant précipité aura lieu à l'instant même; il paraîtra blanc, opaque et amorphe. En l'examinant sous le microscope, on reconnaîtra qu'il est réellement formé par des cristaux prismatiques allongés et diaphanes; alors, en ajoutant un volume d'eau, portant à l'ébullition, puis laissant en repos refroidir, on obtient encore la cristallisation en houpes satinées visibles à l'œil nu.

COMPOSITION DE L'ACÉTATE TRIBASIQUE CRISTALLISÉ.

Les produits cristallins obtenus par les réactions précitées, lentes ou brusques, furent lavés avec toutes les précautions utiles pour éviter leur altération par l'acide carbonique de l'air ; bien égouttés et pressés dans du papier à filtre, ils ne retenaient plus d'acétate d'ammoniaque, puisque la potasse en excès ne dégageait pas de traces de cette base volatile.

Désséchés pendant 12 heures dans le vide, à la température de 15°, ils donnèrent, à l'incinération complétée par l'acide azotique, les résultats suivants : 3 décigrammes laissèrent un résidu pesant 255 milligrammes, d'où l'on déduit 255 : 45 : : 41835 : 738; et la composition théorique $= 3\,PbO, C^8H^6O^8 + H^2O$. D'ailleurs, examinés sous le microscope, après être restés 48 heures dans le vide sec, on ne pouvait apercevoir aucune efflorescence.

Les cristaux avaient conservé leurs formes et leur diaphanéité.

Les liquides dans lesquels avait eu lieu la cristallisation de cet acétate en retenaient une quantité notable. Une partie fut effectivement séparée par une simple modification de la propriété dissolvante, à l'aide de l'alcool ou de l'esprit de bois ajoutés à volume égal dans ces solutions, et ce fut encore sous la forme de prismes aiguillés, plus ou moins fins ou microscopiques, que l'acétate tribasique de plomb se déposa : bien épuré et séché, il offrit d'ailleurs la même composition.

Cependant on avait jusqu'ici regardé l'acétate tribasique de plomb comme anhydre et incristallisable, ou cristallisable en tables opaques; il importait donc, pour donner quelque valeur à mes observations, de rechercher la cause de différences aussi notables et les moyens de reproduire les cristallisations nouvelles, en s'écartant moins des voies jusqu'alors suivies.

IDENTITÉ DE FORMES ET DE COMPOSITION ENTRE L'ACÉTATE TRIBASIQUE PRÉPARÉ PAR L'AMMONIAQUE ET L'ACÉTATE OBTENU DIRECTEMENT.

Je préparai, à cet effet, de l'acétate tribasique pur, en traitant une partie d'acétate neutre en cristaux par 1,5 de protoxyde de plomb, extrait en calcinant du carbonate, et 10 d'eau. La réaction ayant été favorisée par une ébullition durant trente minutes, on filtra le liquide, qui était alors rapproché au point de donner des pellicules cristallines opaques.

Par le refroidissement, il ne se déposa rien; cependant, au bout de deux jours, on vit quelques points blancs opaques offrant l'aspect de petites concrétions arrondies irréguliéres. Quelques parcelles, examinées au microscope, offrirent les prismes aiguillés diaphanes qui sont un des caractères constants de l'acétate tribasique cristallisé.

Une portion du liquide rapprochée dans l'air sec privé d'acide carbonique, et un autre dans le vide, donnèrent des lamelles

opaques, sans formes arrêtées, et des concrétions amorphes; mais, sous toutes ces apparences, on distingua nettement, à l'aide du microscope, la cristallisation aiguillée du même acétate.

Une addition d'un demi-volume d'alcool ou d'esprit de bois détermina, lentement, ce dernier surtout, la même cristallisation et, en outre, l'agglomération des prismes fins en houppes mamelonnées, visibles à la loupe et à l'œil nu.

Plusieurs analyses de ces différentes formes apparentes de l'acétate tribasique donnèrent les mêmes résultats : ce fut toujours la composition représentée par 3, PbO, $C^8 H^6 O^3 + H^2 O$.

ACTION DE L'ACÉTATE D'AMMONIAQUE SUR LA SOLUBILITÉ ET LA STABILITÉ DE L'ACÉTATE TRIBASIQUE DE PLOMB.

Il restait toutefois à expliquer la formation si facile des cristaux en belles houppes soyeuses, par la décomposition de l'acétate neutre, à l'aide de l'ammoniaque : deux causes semblaient y concourir. D'une part, on pouvait admettre une réaction graduée qui, produisant avec lenteur l'acétate tribasique, lui laissait la facilité de disposer ses particules et ses cristaux symétriquement; et, en effet, nous avons vu que cette disposition a lieu même à froid.

Mais il se pouvait aussi que, dans la cristallisation plus volumineuse encore obtenue à chaud, l'acétate d'ammoniaque, formé simultanément, agît comme augmentant la propriété dissolvante de l'eau.

Une expérience simple le prouva : on traita à chaud de l'acétate tribasique par l'eau contenant de l'acétate d'ammoniaque dans la proportion de deux équivalents de ce dernier pour un du premier, et, après le refroidissement, on obtint les houppes de prismes irradiés; c'est d'ailleurs une nouvelle preuve de l'identité de l'acétate obtenu par les deux moyens.

Ici encore on a constaté que l'acétate d'ammoniaque agit comme simple dissolvant; car les cristaux, lavés, n'en retinrent

pas de traces sensibles. Le même sel augmente par sa présence la stabilité de l'acétate tribasique, car un excès d'un atome d'ammoniaque ne le décompose pas, tandis qu'une proportion moitié moindre produit à l'instant même un abondant précipité dans la solution saturée du même acétate, s'il est exempt d'acétate d'ammoniaque.

SOLUBILITÉ DE L'ACÉTATE TRIBASIQUE DANS L'ALCOOL ET L'ESPRIT DE BOIS ÉTENDUS D'EAU.

L'esprit de bois et l'alcool dissolvent l'acétate tribasique pur, et en proportions d'autant plus fortes qu'ils sont plus étendus d'eau; on s'en assure à l'aide de la dextrine et de l'ammoniaque, ou par un courant d'acide carbonique. L'esprit de bois à 0,96 le dissout encore à chaud, car filtré, puis étendu d'un volume d'eau, il est précipité par les réactifs ci-dessus, qui n'ont sensiblement rien démontré dans l'alcool à 0,96, essayé dans les mêmes circonstances. 100 d'eau pure à 100° dissolvent 18 parties d'acétate tribasique, dont il ne se sépare que lentement des traces après le refroidissement.

PROTOXYDE DE PLOMB CRISTALLISÉ PAR VOIE HUMIDE.

Nous avons dit qu'en décomposant l'acétate neutre par l'ammoniaque, on pouvait, au lieu de l'acétate tribasique, obtenir de l'hydrate de protoxyde de plomb cristallisé. En effet, si l'on verse à froid, *guttatim*, la solution de l'acétate neutre ou de l'acétate tribasique de plomb dans un grand excès d'ammoniaque pure liquide, chaque addition détermine un précipité blanc, opaque, pulvérulent.

Vu sous le microscope, il se compose tout entier de cristaux étoilés (prismes courts à quatre pans, terminés par des pyramides à quatre faces et réunis à angles droits). Diaphanes, incolores, ils laissaient discerner les lignes de leurs arêtes. Leurs dimensions

d'un sommet à l'autre étaient comprises entre 3 et 10 centièmes de millimètre.

Ces cristaux furent recueillis sur un filtre, lavés, égouttés, à l'abri de l'air, et séchés à 15° dans le vide sec pendant vingt-quatre heures.

Calcinés alors dans un tube clos, ils dégagèrent de l'eau, sans réaction acide, et prirent les teintes variées entre le jaune et l'orangé du protoxyde anhydre. Ce résidu, complétement soluble dans l'acide acétique, ne contenait, par conséquent, aucune trace de charbon ni de plomb métallique.

Voici les détails de cet essai :

Matière emploloyée = 0g,756, eau = 0,020, PbO = 0,736, d'où 736 : 20 :: 4183 : 113,6 et la composition théorique : $3PbO, + H^2O$.

On doit éviter avec un grand soin l'action de l'acide carbonique de l'air, dont 0,01 seulement changerait notablement ces relations.

Le résidu de la calcination, examiné au microscope, offrait les mêmes cristaux, mais ils avaient perdu leur transparence et la netteté de leurs arêtes.

En traitant de la même manière l'acétate tribasique, à froid, par un grand excès d'ammoniaque, on obtint le même hydrate de protoxyde, mais en étoiles plus courtes la plupart et paraissant, sous le microscope, formées par la réunion de quatre octaèdres.

PRÉPARATION SIMULTANÉE DES CRISTAUX DU PROTOXYDE HYDRATÉ ET DU PROTOXYDE ANHYDRE.

On peut obtenir simultanément des cristaux de protoxyde anhydre et de protoxyde hydraté en faisant réagir à chaud un excès d'ammoniaque sur l'acétate neutre de plomb.

En effet, si dans 100 volumes d'eau bouillante on ajoute 4 volumes de solution d'acétate neutre saturée à + 30°, puis qu'on

mélange le tout avec 45 volumes d'ammoniaque à + 20, on verra, au bout d'une demi-minute, dans le liquide commencer une sorte de *pluie* de lamelles très-minces, à brillants reflets d'un blanc jaunâtre, et bientôt des lamelles semblables se grouper en houppes irradiées de centres communs, présentant à leur contact avec les parois du vase des moirures rayonnées et douées d'un vif éclat.

En même temps que le joli phénomène de cette cristallisation particulière, sur laquelle nous allons revenir, a lieu, on aperçoit de petits corps blancs, grenus, se précipiter, puis se réunir à part entre eux en séries linéaires droites ou contournées, affectant, à l'œil nu, des apparences cristallines et, sous le microscope, la forme de prismes courts rectangulaires. Terminés par des pyramides à quatre faces, ces petits prismes sont souvent réunis à angles droits.

Soumis à la calcination, ils donnèrent lieu aux mêmes phénomènes que les cristaux blancs plus petits, obtenus à froid. Leur composition est exactement aussi représentée par la formule $3PbO, H^2O$: l'hydrate de protoxyde de plomb en cristaux blancs retient donc un équivalent d'eau avec plus d'énergie que l'acétate neutre.

PROTOXYDE ANHYDRE EN CRISTAUX DIAPHANES.

Les lamelles brillantes, obtenues comme nous l'avons dit ci-dessus, peuvent être séparées par lévigation des cristaux d'hydrate, parce que leur forme ralentit leur précipitation ; recueillies sur un filtre, lavées par l'eau bouillie, pressées entre des feuilles de papier à filtrer, puis séchées pendant douze heures dans le vide sec, elles conservent leur nuance argentine avec un léger reflet jaune verdâtre et le brillant métallique. Sous le microscope, leur transparence est telle qu'on les distingue très-bien à travers les unes des autres, même superposées au nombre de six; leurs cassures sont rectilignes, anguleuses et nettes; entières, elles sont terminées en angles aigus opposés, et forment, isolées, des lames rhomboïdales.

Chauffées dans un tube, elles ne laissent rien dégager, si ce n'est quelquefois une proportion insignifiante d'eau interposée, sans doute, et qui produit une décrépitation marquée. La calcination fait varier leur nuance : elle tourne au jaune-orangé, qui pâlit par le refroidissement. Il ne s'est alors produit ni charbon, ni gaz, ni plomb métallique; la transparence des cristaux s'est conservée, ainsi que leur solubilité dans l'acide acétique et dans la solution d'acétate neutre de plomb. Réduits par l'hydrogène, 1^{g},081 donnèrent 1,004 milligrammes de métal; ce qui correspond au rapport 1395 : 1295 : leur composition est donc évidemment celle du protoxyde anhydre P*b*O.

PROTOXYDE ANHYDRE OBTENU SEUL ET CRISTALLISÉ.

Il me paraissait évident que l'augmentation de la température était la cause de la séparation du protoxyde à l'état anhydre, puisque la décomposition à froid, soit de l'acétate neutre, soit de l'acétate tribasique par un grand excès d'ammoniaque, donnait l'hydrate seul, et l'on pouvait admettre que, dans la préparation simultanée des deux oxydes, les portions le moins échauffées du liquide produisaient l'oxyde hydraté à l'instant du mélange. J'essayai donc d'obtenir à son tour le protoxyde anhydre isolé, en opérant la séparation à une température plus élevée ; je choisis l'acétate tribasique, parce qu'il exigeait moins d'ammoniaque.

100 volumes de solution saturée d'acétate tribasique furent mêlés à 50 volumes d'eau, et le tout porté à l'ébullition; et d'un autre côté, 50 volumes d'eau ayant été chauffés à 80°, puis mêlés avec 8 volumes d'ammoniaque, on réunit ces deux mélanges dans le premier vase qui était plongé dans un bain d'eau chauffée et soutenue à la température de 100°.

Au bout d'une minute, on vit quelques lamelles brillantes se grouper sur les parois et à la surface de la solution; en moins d'une demi-heure, plus étendues, elles formèrent une cristallisation de couleur jaune, un peu plus foncée que la nuance de

l'oxyde précédemment obtenu à l'aide d'une température moindre. Elles étaient nombreuses, adhérentes aux parois, en aigrettes douées d'un éclat métallique, et formées de lamelles lancéolées convergeant par leurs pointes vers un centre commun ; il ne s'y trouvait pas alors sensiblement de cristaux hydratés. On remarquera que cette jolie expérience de la cristallisation du protoxyde anhydre peut se répéter dans un cours aussi facilement que la cristallisation de l'acétate tribasique, et d'une manière plus distincte et plus prompte que la plupart des cristallisations connues.

Le succès obtenu dans l'extraction de l'oxyde anhydre cristallisé me fit entreprendre de préparer l'oxyde hydraté sous forme de cristaux plus volumineux, plus nets et plus isolés, en un mot visibles à l'œil nu, tels qu'une partie d'entre eux se présentaient dans des dimensions microscopiques, lorsque la décomposition d'une goutte d'acétate tribasique avait lieu sur le porte-objet, au milieu d'un volume décuple d'ammoniaque étendue de deux volumes d'eau [1].

Il me parut convenable, pour cela, de diminuer l'énergie de l'agent de décomposition afin de rendre plus lente la réaction et dans les mêmes vues d'éviter toutes secousses et tout changement brusque dans la température.

CRISTALLISATION DE L'HYDRATE DE PROTOXYDE DE PLOMB EN OCTAÈDRES RÉGULIERS.

Après quelques expériences de tâtonnement, qui toutes approchèrent du but, voici le détail de l'opération qui réussit le mieux.

120 centimètres cubes de solution saturée d'acétate tribasique furent mêlés avec 60 parties d'eau pure, préalablement soumise durant une demi-heure à l'ébullition.

[1] J'ai remarqué sous le microscope que l'acétate neutre dans l'ammoniaque étendue donne à froid un mélange d'acétate tribasique et d'oxyde hydraté.

D'un autre côté, 4 centimètres cubes d'ammoniaque furent délayés dans 60 centimètres cubes d'eau, également privée de gaz, et refroidie à + 30°.

Les deux liquides, à la température de 28°, furent réunis dans le premier vase qu'on venait de placer dans un bain d'eau à 30°; agités un seul instant, on les livra au repos.

La solution conserva sa diaphanéité tout le temps que dura la réaction, et celle-ci ne s'annonça au bout d'une heure environ que par le dépôt de quelques rudiments de cristaux. Ceux-ci augmentèrent graduellement en nombre et en volume.

12 heures plus tard, ils étaient remarquables, surtout par leur puissance de réfraction qui, à la lumière du jour, et plus encore à celle d'une bougie, permettait de les faire apparaître étincelants des rayons colorés du spectre, comme de petits diamants.

24 heures après, tous ces caractères étaient plus prononcés encore. Examinés à l'aide d'un faible grossissement du microscope simple, ils montrèrent les formes d'octaèdres réguliers, tronqués vers la paroi du vase, et à l'exclusion absolue de toute agglomération en étoiles et de prismes droits.

Bien que ces diverses configurations parussent évidemment engendrées par les cristaux obtenus isolés en dernier lieu, la faible proportion d'ammoniaque employée ici pouvant faire croire à la production de l'acétate sébasique, je dus procéder à leur analyse [1].

Après 24 heures de séjour dans le vide sec, à la température de 15°, ils furent calcinés dans un tube clos. Il se dégagea de l'eau exempte de réaction acide; le résidu jaune, orangé pendant la calcination, devint jaune pur après le refroidissement; il ne contenait pas de traces de plomb métallique; son poids était

[1] Le liquide au milieu duquel l'hydrate de protoxyde de plomb avait été déposé dans cette dernière expérience retenait en dissolution de l'acétate tribasique indécomposé, car l'addition de 2 volumes d'alcool anhydre l'en séparait en grande partie, lentement cristallisé, avec tous ses caractères et sa composition.

moindre, dans la proportion correspondante à la formule, $3PbO, H^2O$. Ces cristaux étaient donc en effet de l'hydrate de protoxyde de plomb tribasique.

COMPLÉMENT DE L'ANALYSE DES CHOUX-FLEURS.

La proportion considérable d'azote trouvée dans les bourgeons blancs, jeunes et tendres des choux-fleurs, pouvait être vérifiée par la détermination précise du carbone et de l'hydrogène, car alors la composition élémentaire totale connue devait s'accorder avec la composition immédiate, soit obtenue directement, soit déduite par le calcul des éléments constitutifs des substances neutres azotées, des matières grasses et de la cellulose. Je ne négligeai pas ce moyen de contrôler plusieurs de mes résultats précédents.

Voici les détails et les nombres de cette analyse :

Les bourgeons, coupés et soumis à la dessiccation, aidés par une température de 110° dans le vide, perdirent 88,1 pour 100. (Ces choux-fleurs avaient été coupés la veille, tandis que j'avais opéré, lors de l'ancienne analyse, sur des choux-fleurs coupés à l'instant et qui perdirent 90,7 pour 100.) L'incinération laissa, comme dans la première analyse, un résidu blanc alcalin pesant 11,1 pour 100 de la substance sèche.

J'employai pour l'analyse élémentaire 420 milligrammes, qui donnèrent 698 milligrammes d'acide carbonique et 219 d'eau, d'où l'on déduit, pour 100 parties en poids : carbone 45,95 et hydrogène 5,78.

L'analyse pour la détermination de l'azote, reprise sur la même matière, donna les résultats suivants :

Substance sèche employée, 334.

Volume du gaz obtenu, 62 centimètres cubes.

Pression barométrique, 0,765; température, 21,55.

Ce qui correspond à 10,65 d'azote pour 100 de choux-fleurs desséchés, et se trouve parfaitement conforme à l'ancienne analyse.

On pouvait donc compléter la composition élémentaire, en ajoutant aux précédentes données (voyez page 44 du premier mémoire), le carbone et l'hydrogène déterminés ici; on arrive ainsi à la composition suivante :

	SUBSTANCE NORMALE desséchée.	MATIÈRE ORGANIQUE, cendres déduites.
Carbone	45,95	51,62
Hydrogène	5,78	6,47
Oxygène	26,61	29,94
Azote	10,66	11,97
Matière inorganique	11	0
	100	100

Si l'on veut comparer approximativement ces nombres avec ceux que donneraient les sommes réunies des compositions élémentaires des principes immédiats, on pourra admettre les 0,7182 ou 0,72 de matières neutres azotées indiquées dans notre premier mémoire, et qui se déduiraient encore des données nouvelles; y ajouter 0,05 de matières grasses, puis enfin 0,23 de cellulose et principes immédiats à composition équivalente. On obtiendra de cette manière, en attribuant d'ailleurs aux substances neutres azotées une composition moyenne de 52 de carbone et 7 d'hydrogène; à la matière grasse, 78 de carbone et 10 d'hydrogène; enfin, à la cellulose, sa composition bien connue, les équations suivantes :

	SUBSTANCES AZOTÉES.	MATIÈRE GRASSE.	CELLULOSE et ses congénères.	
Carbone	0,72 × 52 = 37,44	0,05 × 78 = 3,90	0,23 × 44,4 = 10,20	51,54
Hydrogène	0,72 × 7 = 5	0,05 × 10 = 0,5	0,23 × 6,1 = 1,40	6,90
Oxygène	0,72 × 25 = 18	0,05 × 12 = 0,6	0,23 × 49,5 = 11,38	30,04
Azote	0,72 × 16 = 11,52	"	"	11,52
				100

On voit que la composition élémentaire totale, calculée d'après la composition des principes immédiats, se rapproche trop des résultats de l'analyse directe, pour qu'il puisse s'être introduit aucune erreur notable dans nos données précédentes, ni dans les lois générales de la composition chimique des végétaux, que nous résumerons à la fin de ce mémoire.

COMPOSITION DU GLUTEN PUR.

Après avoir indiqué, dans mon mémoire sur la cellulose, les parties du tissu du périsperme des blés qui contiennent le gluten, et montré que cette substance est renfermée avec des granules d'amidon dans de grandes cellules à parois très-minces en cellulose, j'avais cherché le moyen d'obtenir le gluten pur et inaltéré, conservant sans altérations sa souplesse, son extensibilité en lames élastiques membraniformes.

J'indiquai, en 1840, dans une séance de la société philomatique, le procédé suivant, au moyen duquel j'étais parvenu à ce but.

On prépare, avec 100 de farine de gruaux blancs et 60 d'eau, une pâte un peu plus ferme que pour le pain; on laisse l'hydratation se compléter pendant environ 38 minutes, puis on procède à l'extraction du gluten brut, en malaxant cette pâte dans l'eau.

Le produit, étendu et desséché en lames très-minces, est divisé au pilon, puis mis en digestion avec l'éther, qu'on renouvelle chaque jour jusqu'à épuisement complet des matières grasses et colorantes jaunes.

On fait dessécher alors le gluten qui, en cet état, est presque entièrement insoluble à froid dans l'alcool anhydre, dans l'alcool très-faible et dans l'eau. Après plusieurs tâtonnements, je suis parvenu à reconnaître qu'un mélange de 40 d'eau et 60 d'alcool en volume, marquant 60° à l'alcoomètre, pouvait dissoudre à froid, et plus facilement encore à 35 ou 40°, la portion vérita-

blement glutineuse, qu'on extrayait ensuite par évaporation et dessiccation dans le vide. Quant à la portion restée indissoute, elle est tenace et contractile, mais très-peu extensible.

Le gluten pur ainsi obtenu, tel que je le présentai à la société, est blanc et diaphane; il s'hydrate vite en absorbant deux fois et demie son poids d'eau, et reprenant son élasticité dès qu'on le plonge dans l'eau. Le considérant alors comme plus pur, plus blanc, plus diaphane qu'il n'avait encore été obtenu, je le soumis à l'analyse, préalablement desséché à 125° dans le vide.

Voici l'indication des détails de cette opération :

Poids du gluten employé, 723 milligrammes; gaz azote obtenu, 98 cent. cubes ;

La pression barométrique étant de 767 millimètres, et la température de 9° centésimaux.

On déduit de ces nombres 16,46 d'azote pour 100 de gluten pur.

SUPPLÉMENT AUX ANALYSES DES SÉVES.

En terminant mon premier mémoire sur la composition chimique des végétaux, j'ai donné les analyses des substances organiques contenues dans plusieurs parties des plantes (page 44 du premier mémoire), et notamment dans les jeunes organismes, et dans la séve extraite par déplacement, c'est-à-dire en faisant infiltrer de l'eau pure dans les conduits séveux et recueillant le liquide qui avait été chassé ou déplacé par l'eau, puis extrayant par évaporation les substances contenues dans ces liquides. Depuis lors (au mois d'avril 1841) M. Brongniart voulut bien mettre à ma disposition, pour l'analyser, la séve montante qu'il obtenait directement, par suite d'autres expériences, sur un pied de *Virgilia* âgé de 14 ans (*Virgilia lutea*, f. légumineuses, t. papilionacées). Je m'empressai de profiter de cette occasion pour vérifier et étendre mes précédentes observations, me proposant surtout de déterminer les proportions de substances

dissoutes dans cette séve, la composition élémentaire des matières organiques et les quantités de substances inorganiques; enfin, de comparer les proportions des substances tenues en dissolution dans la séve à plusieurs époques de la végétation.

La séve du premier envoi occupait un volume de 555 centimètres cubes; elle marquait 0°,52 à l'aréomètre Baumé, la température étant + 14°; sa réaction était légèrement acide. Évaporée à sec, elle devint plus acide, aromatique, et développa une odeur de petit-lait. La dessiccation étant complétée à 100° dans le vide, le résidu pesait $9^{gr},701$, ce qui représente 1,72 de matière solide pour 100 de séve. $7^{gr},3$ de substance solide donnèrent, à l'incinération, $0^{gr},426$ de substance inorganique ou 5,83 pour 100. Les cendres étaient très-alcalines, et se composaient de carbonate, silicate et phosphate de chaux, de magnésie, de potasse et de soude.

Le résidu de l'évaporation était jaunâtre, très-hygroscopique; les gaz et vapeurs de la calcination étaient acides, tandis que les extraits des séves obtenus par déplacement du pin *laricio* ou du bouleau avaient donné par la calcination des vapeurs alcalines.

L'extrait sec de la séve du *Virgilia* fut soumis à l'analyse élémentaire pour la détermination de l'azote.

Voici les détails de cette analyse :

Poids de la substance sèche employée	$1^{gr},160$
Matière inorganique	0 ,067
	1 ,093

Volume d'acide carbonique = 12^{cc}; température = 13°,5; pression barométrique 0,757; ce qui donne, pour 100 de substance normale sèche :

Azote	1,217
Et pour 100 de la matière organique	1,292

Le 16 avril, je reçus 667 centimètres cubes de sève écoulée du tronc du même arbre. Elle était légèrement acide; l'évapo-

ration développa l'odeur aromatique et lactescente; l'acidité augmenta, et des pellicules membraniformes se produisirent encore. Le résidu était, comme la première fois, jaunâtre, très-hygroscopique; desséché à 100°, il pesait 10gr,515 ou 1,57 pour 100 du liquide employé; il donnait, à la calcination, des vapeurs acides: mais, calciné avec le contact de la potasse, il dégagea des vapeurs ammoniacales. Ce liquide séveux présentait donc les mêmes caractères que la première séve examinée; seulement, il contenait un peu moins de substance en dissolution.

La dernière séve écoulée, du 17 au 20 avril, occupait un volume de 225 centimètres cubes. Pendant le rapprochement à siccité, elle présenta les phénomènes ci-dessus décrits et laissa un résidu semblable aux précédents; son poids, après dessiccation à 100°, fut égal à 3,772 milligrammes, ce qui équivaut à 1,5 pour 100 du poids du liquide. Ainsi la quantité de matière dissoute dans la séve était encore un peu diminuée. 560cc de séve obtenus d'une branche laissèrent, après l'évaporation, un résidu pesant 7,45, qui, desséché à 100°, se réduisit à 6,75, ce qui correspond à 1,49 du 100. Les propriétés de ce résidu étaient les mêmes que celles des résidus ci-dessus examinés.

Les résultats de ces essais et de l'analyse élémentaire différaient beaucoup des résultats obtenus lorsque j'avais opéré, en 1837, sur des séves extraites par déplacement; en effet, les extraits paraissaient aujourd'hui beaucoup plus difficiles à dessécher. La réaction des gaz de leur calcination était acide, au lieu d'être alcaline; la proportion de substance azotée ou d'azote y était très-notablement moindre, ainsi que la matière inorganique. De telles différences tenaient-elles à des propriétés spéciales de la plante, ou ne devait-on pas plutôt les attribuer au mode d'extraction de la séve? On pouvait effectivement comprendre qu'en traversant la tige et les branches de l'arbre sur pied, la séve, sous les influences de la végétation, avait fourni, tout en cheminant, une partie des substances alimentaires, notamment des matières azotées et même des sels minéraux, aux tissus environnants, tandis

que l'arbre, abattu et soumis à une sorte de lavage intérieur, devait céder, non-seulement sa séve entière à l'eau, mais encore une partie des substances organiques et inorganiques récemment déposées autour des conduits séveux.

Les conjectures que nous venons d'exposer ne pouvaient, au surplus, avoir de valeur qu'autant que des faits positifs viendraient les confirmer. Dans la vue de parvenir à cette vérification, je me proposai d'extraire, par infiltration ou déplacement, la séve du *Virgilia*. M. Brongniart, jugeant aussi ces expériences utiles, voulut bien mettre à ma disposition une forte branche de cet arbre. Je la plaçai aussitôt verticalement, et autour de la section supérieure (qui, sur l'arbre, était la plus rapprochée de la souche), je formai, avec une cloche ouverte, assujettie par une lanière en caoutchouc et par une ligature, un vase, dans lequel on versa de l'eau distillée. Aussitôt la séve chassée, les produits du lavage des conduits séveux s'écoulèrent par le bout opposé. Cette solution fut évaporée; elle donna un extrait beaucoup moins hygroscopique que les résidus des séves normales du même arbre. Cet extrait donnait à la calcination des vapeurs alcalines directement[1]; on le soumit à l'analyse, et il donna les résultats suivants :

Substance sèche employée $0^{gr},361$; volume d'azote obtenu 12^{cc}; température 19°; pression 7665.

Un essai d'incinération donna, pour 100 de la matière, 29,92 de cendres. De ces données on déduit :

La proportion en poids dans la substance desséchée..... = 3,853 d'azote pour 100.
——— dans la matière organique seule... = 5,498 *idem*.

Cette dernière analyse indique donc une composition élémentaire très-rapprochée dans les séves extraites par déplacement, soit du *Virgilia*, soit du bouleau ou du pin *laricio*.

[1] La branche, laissée deux jours à sec, fut une deuxième fois soumise au même traitement. Le liquide extrait par infiltration fut évaporé; les 725 centimètres cubes écoulés ne donnèrent que 11 centigrammes d'extrait : celui-ci était peu hygroscopique et dégageait par la calcination des vapeurs directement ammoniacales.

COMPOSITION DU LAIT DE LA NOIX DE COCO[1].

Le liquide lactescent contenu dans la noix de coco, lorsque le tissu de l'amande commence à s'organiser, donne à l'analyse : 1° de l'eau, qui forme la plus grande partie du poids de ce liquide; 2° les substances azotées, sous les trois états qui précèdent et accompagnent toutes les formations végétales; 3° des globules oléiformes, contenant une substance grasse cristallisable et une autre fluide; 4° plusieurs sels; 5° une proportion de sucre assez considérable pour que la solution limpide rapprochée se soit prise en une masse de cristaux blancs, dont les formes, la composition et les propriétés appartiennent exclusivement au sucre de cannes: il sera facile de s'en assurer, en examinant l'échantillon que j'ai déposé sur le bureau de l'Académie; 6° enfin, de la cellulose formant les cellules ellipsoïdales, à très-minces parois, dans lesquelles s'enveloppent les corpuscules azotés et les substances ci-dessus, et qui s'agrégent par degrés et en gagnant de la périphérie de l'amande vers le centre; celui-ci se solidifie en dernier lieu par une semblable organisation.

SUCRE DES FRUITS DU *CACTUS OPUNTIA*.

M. le général Saldanha ayant bien voulu me remettre toute la provision des fruits de cactus qu'il avait fait venir du Portugal à Paris pour les analyser, il s'en est trouvé deux ou trois seulement assez peu altérés pour les soumettre à cet examen. Outre les principes qui toujours président à l'organisation végétale et que je viens de rappeler, ces fruits contiennent, non du sucre de cannes, comme celui qui donne une saveur douce au *lait* des noix de coco, mais de la glucose ou sucre de raisin.

[1] J'ai cru devoir rapporter dans ces analyses supplémentaires la composition de cette substance et des fruits du *Cactus opuntia*, composition que j'avais présentée, en 1840, dans mon mémoire sur la cellulose. (Voir *Annales des sciences naturelles*, août 1840.)

Les cristaux groupés en houppes irradiées de lamelles rhomboïdales très-minces et peu consistantes que j'en ai obtenus ne peuvent laisser aucun doute sur sa nature; quant aux proportions, elles s'élèveraient à plus de 12 p. 100, si, ce qui est d'ailleurs probable, l'altération d'une partie de ce sucre était accidentelle et devait exclusivement être attribuée aux influences subies durant les transports.

COMPOSITION DES FRUITS DU MAÏS.

Nous avons vu, en examinant une coupe du fruit du blé, qu'une rangée de cellules rapprochées de la périphérie du périsperme renferme des sécrétions oléifères. Le fruit du maïs présente deux rangées de cellules semblables; le cotylédon est, d'ailleurs, beaucoup plus volumineux dans cette céréale. Il pouvait donc être intéressant d'étudier la composition chimique de ce fruit, et les rapports avec la composition de ses différentes parties. J'en donnerai une idée suffisante en transcrivant ici les résultats des recherches que j'ai entreprises à cet égard avec M. Bonafous, pour son grand ouvrage sur le maïs [1] : voici l'analyse immédiate du fruit entier, du maïs à gros grains venu à parfaite maturité.

Amidon	71,18	100
Substances azotées insolubles dans l'eau à 100°	11,66	
Huile grasse	8,75	
Ligneux (cellulose)	6,17	
Matière azotée soluble	0,60	
Dextrine et sucre	0,44	
Sels de soude, potasse, chaux, acide phosphorique, silice, oxyde de fer, soufre, huile essentielle et matière colorante	1,20	

Afin de constater les proportions relatives de ces principes dans chacune des parties des *graines*, on les laissa s'imbiber d'eau à froid pendant 3 heures, puis on enleva avec précaution l'épisperme. Coupant alors par un plan dans l'axe de la radicule le

[1] Voyez page 124 de l'Histoire naturelle du maïs, in-fol. 1836; chez Mme Huzard.

fruit en deux parts, on put séparer le périsperme, dégager l'embryon du corps cotylédonaire et isoler celui-ci.

Les premiers produits de cette dissection, pesés après les avoir desséchés, offrirent les rapports suivants en poids.

Épisperme	6
Périsperme	79,95
Cotylédon	12,53
Corps embryonnaire	1,52
	100

On rechercha après cette opération quelle était la substance prédominante dans chacune de ces parties.

1° L'épisperme présentait 47,5 pour 100 de ligneux;

2° Le périsperme, formant à peu près les 0,8 du poids de toute la graine, contenait les substances suivantes dans les proportions indiquées :

Amidon	80
Substance azotée	13,03
Ligneux (cellulose)	2,90
Huile	2,55
Sels et diverses substances de l'analyse générale	2,52
	100

Ainsi, dans le périsperme, la proportion d'amidon s'est trouvée plus forte, la proportion de ligneux inférieure, et celle de l'huile bien moindre que dans les produits de l'analyse générale.

3° Le cotylédon contenait 63 p. o/o d'huile, proportion beaucoup plus considérable que celle reconnue dans le périsperme et dans les autres parties de la graine.

4° Enfin, dans le corps embryonnaire séparé du cotylédon, la substance azotée, pour la plus grande partie insoluble dans l'eau bouillante, dominait au point que le corps embryonnaire calciné donnait directement d'abondantes vapeurs ammoniacales; la substance ligneuse (cellulose) n'en constituait que les 0,06.

Or, en réunissant les quantités de chacune des substances trouvées dans les parties organiques du fruit, et, d'après les proportions de celles-ci dans la masse, l'analyse partielle se rap-

proche assez des résultats de l'analyse générale pour que toutes ces données puissent être considérées comme exactes.

Les substances contenues, pour la plus grande partie, dans les organes de la graine sont donc :

Le ligneux (ou la cellulose) dans.....	l'épisperme;
L'amidon et les matières azotées dans.....	le pérismerme;
Les matières azotées dans.....	l'embryon;
L'huile dans.....	le cotylédon.

Considéré sous le rapport économique, le maïs, d'après sa composition, serait au premier rang des céréales. En effet, outre sa proportion de matière azotée, presque égale à celle des grains qui en renferment le plus, l'huile douce et comestible qu'il contient dans une proportion supérieure ajoute à ses propriétés alimentaires, en sorte que très-peu de productions naturelles réunissent mieux que le maïs les principes nécessaires pour compléter les propriétés nutritives applicables à l'homme et aux animaux.

La contexture de la graine permet aussi de se rendre compte de certaines opérations usuelles. Lorsque, par exemple, on fait sécher le maïs au four, la saveur change et devient plus agréable, parce que la substance huileuse se distribue, par infiltration, dans la partie amylacée qui enveloppe le cotylédon : il en résulte une sorte d'assaisonnement spontané par le mélange de deux substances qui, chacune isolément, avaient une saveur moins agréable.

On peut enfin expliquer par l'oxygénation ou le rancissement de la matière huileuse la détérioration de la farine du maïs plus prompte que celle du blé, et concevoir de quelle manière on retarde cette sorte d'altération, lorsque l'on conserve les graines sans les moudre.

L'huile alors est presque complétement mise à l'abri du contact de l'air par le tégument des fruits, tégument assez peu perméable pour que le fruit, chauffé brusquement, éclate avec explosion, et présente à nu le périsperme gonflé et comme neigeux aussitôt que la vapeur, retenue sous une assez forte pression, parvient à se développer.

On voit donc reparaître ici les substances azotées, le sucre ou ses congénères, les matières grasses, etc. dont j'ai démontré la présence dans les fruits des céréales, des dattiers, etc.

La composition des fruits, qui rassemble autour des appareils reproducteurs des plantes les principes immédiats de la nutrition végétale, s'était présentée dans les analyses que nous avons faites, M. Henry et moi, des semences de l'*Arachis hypogea*, des amandes de l'*Amygdalus sativa*. Nous l'avons retrouvée encore dans les tubercules des batates; c'est ce que prouvent les passages suivants de ces travaux.

« D'après les expériences ci-dessus indiquées, les amandes des semences de l'*Arachis hypogea* se composent des substances suivantes, rangées suivant l'ordre de leurs plus fortes proportions, mais dont les deux premières forment la plus grande partie : *huile, caséum, eau, ligneux* (*cellulose*), *sucre cristallisable de raisin, amidon, gomme* (*dextrine* [1]), *matière colorante, huile essentielle, acide malique libre, phosphate et malate de chaux, chlorure de potassium.*

Voici les résultats de notre analyse sur les turbercules de la batate douce : *eau*, 74,10; *amidon*, 9,42; *ligneux* (*cellulose*), 2,54; *acide pectique*, 1,30; *sucre cristallisable identique avec le sucre de cannes*, 1,45; *sucre incristallisable*, 1,04 [2]; *albumine*, 1,10; *matières grasses, l'une fluide, l'autre consistante*, 0,89; *acide malique*, 0,21; *huile essentielle, subst. aromatique et mat. colorante, traces; malates de potasse et d'ammoniaque*, 7; *chlorure de potassium*, 1; *oxalate de chaux*, 0,72; *phosphate de chaux*, 0,57; *sulfate de potasse*, 0,43; *silice*, 0,09; *oxydes de fer, manganèse, etc.* 2,39.

Dans des analyses comparées faites, en 1834, sur des batates blanches, jaunes et rouges, venues dans le même terrain chez M. Jacques, de Neuilly, je trouvai 2,60, 2,80 et 3,20 de sucre entièrement cristallisable. La variété rouge, plus riche en sucre,

[1] *Journal de chimie médicale*, 1825, t. I, p. 436 et 437; t. II, p. 27, 1826.

[2] Nous ajoutions, d'après l'observation que j'avais faite sur les betteraves (voyez p. 363) : « Ce sucre, qui résulte si facilement de l'altération du premier, ne préexiste peut-être pas dans les tubercules de la batate au sortir de la terre. »

était aussi plus abondante en fécule amylacée, dont elle contenait 17 p. o/o; les autres principes immédiats s'y sont retrouvés les mêmes que ci-dessus et en proportions peu différentes. (Voyez les Annales d'horticulture, t. XVI, février 1835.)

L'analyse du fruit des melons (*Cucumis pepo*) m'offrit aussi, en 1827 [1], la réunion des substances alimentaires utiles aux premiers développements des végétaux. Ces dernières recherches indiquèrent dans la substance comestible charnue 5 de pulpe fibreuse (cellulose) seulement pour 638, ou 0,78 p. o/o, c'est-à-dire moins d'un centième du poids total; chose digne de remarque, car cette proportion minime de tissu végétal suffisait pour donner à la chair du melon toute sa consistance. Voici, au surplus, sa composition : *eau, albumine, mucilage, sucre cristallisable identique avec le sucre de cannes, sucre incristallisable* [2], *acide libre, matière grasse saponifiable, substance azotée très-altérable développant une odeur urineuse, matière colorante, substance aromatique, acide pectique, amidon et quelques sels, plus du ligneux* (*cellulose*).

NOTE ADDITIONNELLE

RELATIVE AU MÉMOIRE SUR LES FEUILLES DÉCRÉPITANTES.

Dans le mémoire précédent, nous avons indiqué la propriété que possèdent les feuilles du *Magnolia grandiflora* de décrépiter assez fortement. En vérifiant ce fait, à deux années d'intervalle, je le compris mieux encore, car j'avais alors observé, avec M. de Mirbel, une structure particulière dans ces feuilles qui leur donnait plus de solidité, et qui, rattachant avec force l'un à l'autre les épidermes des deux faces, devait emprisonner mieux la va-

[1] *Journal de chimie médicale*, t. III, p. 15.

[2] « ..... Il est permis de supposer que la totalité du sucre des melons affecterait la forme « cristalline si l'on pouvait parvenir à l'extraire sans en altérer aucune partie (*loc. cit.*). »

peur et les gaz, nécessitant une plus forte pression pour rompre les parois reliées par ces attaches cloisonnées [1].

Cette structure spéciale fournissait encore une explication d'un phénomène qui m'avait été présenté comme une objection à la théorie de la décrépitation des feuilles. J'avais observé qu'en général, les feuilles flétries, en se desséchant, présentaient des stomates plus perméables aux gaz et décrépitaient peu ou point; il semblait en être autrement des feuilles de *Magnolia :* celles-ci faisaient entendre, lorsqu'elles étaient spontanément desséchées, des explosions assez fortes encore et bien plus nombreuses. J'étudiai très-attentivement ce phénomène, et je reconnus bientôt que, dans ce cas, la décrépitation était surtout vive et bruyante lorsqu'on posait sur la flamme la face supérieure de la feuille. Après l'expérience on reconnaissait que l'épiderme supérieur avait seul été déchiré par les explosions qui avaient projeté en grand nombre des lamelles épidermiques circonscrites et détachées de la face supérieure du limbe. Il résulte de ces observations, 1° que les stomates, laissant des issues, avaient fait avorter les explosions sous la feuille; 2° qu'en chauffant la face supérieure jusqu'à légère torréfaction, la vapeur et les gaz enfermés dans les petits et très-nombreux espaces entourés de fortes cloisons, ne pouvant se faire jour au travers du parenchyme serré sous l'épiderme supérieur, et ne trouvant pas de stomates dans cette face du limbe, ces fluides élastiques, dis-je, en se dilatant, avaient établi une forte pression à laquelle l'épiderme supérieur, déjà sensiblement altéré par la température, n'avait pu résister; qu'alors il avait été projeté au dehors sur une foule de points, en occasionnant ainsi de nombreuses explosions. Ces nouveaux phénomènes, loin d'être en opposition avec les explications précédemment données, venaient, au contraire, à l'appui, tout en montrant de curieuses modifications des premiers effets décrits.

[1] Il serait difficile de faire comprendre sans figures ces curieuses dispositions; mais on en trouvera les dessins et la description complète dans le mémoire actuellement sous presse et publié par M. de Mirbel et moi dans les recueils de l'Académe, t. XIX.

SUPPLÉMENT AUX ANALYSES DE LA TOURBE.

Ayant eu l'occasion d'examiner une tourbe très-légère qui contenait beaucoup de tissus végétaux non désagrégés, je me proposai d'y rechercher les produits solubles directement dans l'éther, afin de constater de nouveau leur présence et leur composition élémentaire.

La tourbe, desséchée et pulvérisée, fut lavée jusqu'à épuisement avec de l'éther; la substance dissoute fut épurée, par l'alcool, de la portion soluble dans ce dernier véhicule, et elle était alors insoluble dans l'alcool froid et dans l'alcool chaud.

L'analyse de cette matière, soluble dans l'éther et insoluble dans l'alcool, donna les nombre suivants :

Poids de la substance analysée	327 milligr.
Acide carbonique obtenu	945
Eau	358

D'où l'on déduit la composition en centièmes:

Carbone	68,83
Hydrogène	12,14
Oxygène	19,03
	100

Cette composition élémentaire s'éloigne peu des premiers résultats obtenus. (Voyez page 283 ci-dessus).

La portion dissoute par l'alcool froid, et extraite ainsi de la dissolution éthérée, fut desséchée et soumise à une analyse élémentaire; on obtint les nombres ci-dessous indiqués :

Substance employée	273 milligr.
Acide carbonique obtenu	749
Eau	263

D'où l'on peut déduire la composition élémentaire :

Carbone	75,86
Hydrogène,	10,68
Oxygène	13,46
	100

Cette composition est plus rapprochée encore de celle que j'avais obtenue dans les premières expériences. (Voyez la 2e analyse, page 283.)

Le résidu de cette tourbe contenait, en outre, une matière soluble dans l'alcool, et, ainsi épuisé, il fournissait à la potasse trois autres matières précipitables par les acides, et que séparaient l'alcool et l'éther, laissant enfin un résidu insoluble dans tous ces véhicules.

La vérification ainsi faite a donc confirmé la conclusion générale tirée des premières recherches, et dont nous indiquerons plus loin les applications.

COMPOSITION DES TERRES VÉGÉTALES.

SUBSTANCES ORGANIQUES ET INORGANIQUES ASSIMILABLES PAR LES PLANTES.

Dans les mémoires qui précèdent, je me suis efforcé d'établir, par des démonstrations précises, le rôle et la distribution des substances azotées et des matières minérales dans les végétaux : nous avons vu comment les unes et les autres se rencontrent dans les débris des animaux et des plantes, qui forment les engrais.

Ces observations physiologiques et organographiques concouraient, avec une foule de faits pratiques, à prouver l'utilité des substances azotées et leur emploi indispensable dans la formation et les développements des organes des plantes dans toute l'étendue du règne végétal, et pour les organismes qui s'accroissent en certaines circonstances [1], sans profiter des fonctions dévolues aux appendices foliacés; il fallait donc admettre que toujours le sol, plus ou moins fertile, pût fournir aux plantes qui y croissent ces aliments organiques dans des proportions qui coïncidassent avec l'activité de la végétation.

[1] En hiver les radicelles, au printemps les bourgeons dépourvus de granules verts et enfermés par des enveloppes multiples, épaisses, impénétrables à l'air ou qui s'opposent à ses renouvellements.

S'il était bien avéré que les engrais organiques eussent d'autant plus d'efficacité qu'ils étaient plus riches en matières azotées, ou qu'ils pouvaient fournir plus d'ammoniaque[1], en serait-il de même relativement au sol? Celui-ci contiendrait-il toujours l'aliment azoté des plantes et dans des proportions correspondantes à sa fertilité?

Je ne pouvais me dispenser d'aborder ces questions, car leur solution devait amener, soit des objections graves contre les principales conclusions des faits que j'avais observés, soit des arguments très-forts à l'appui de la théorie déduite de tous ces faits.

Ne pouvant prétendre approfondir un sujet aussi vaste, je voulus, du moins, choisir des exemples concluants, en agissant sur des terres placées dans des conditions tellement différentes, qu'elles dussent présenter des anomalies, si les règles précitées étaient fausses, ou offrir des résultats plus significatifs par leur accord avec notre théorie, si celle-ci était vraie.

Je me proposai donc d'analyser et de comparer sous ce rapport, 1° une des terres les plus productives qui, dans les environs de Paris, reçoivent d'abondantes fumures; 2° une terre de la Limagne d'Auvergne, remarquable par une fertilité devenue proverbiale, qui persiste assez grande encore, malgré l'insuffisance des engrais; 3° une terre provenant de la Russie, et très-digne d'intérêt par son étendue, par sa profondeur et par une si grande fertilité naturelle, qu'elle peut depuis des siècles, et pourra longtemps encore, sans doute, produire beaucoup sans recevoir de fumure; 4° une terre peu fertile, manquant d'engrais, produisant toutefois assez pour que l'on dût y retrouver cette sorte de composés azotés ou ammoniacaux qui semblent indispensables à toute végétation.

Voici les détails analytiques et les résultats de cette série de recherches.

[1] Voyez l'article *Poudrette* du grand dictionnaire technologique.

TABLEAU DES ANALYSES DE DIVERSES TERRES EN CULTURE SOUS LE RAPPORT DE L'AZOTE EN COMBINAISON DANS LES MATIÈRES ORGANIQUES QU'ELLES CONTIENNENT (TOUS LES ÉCHANTILLONS DESSÉCHÉS À 100° DANS LE VIDE).

TERRES ANALYSÉES.	POIDS employé.	VOLUME du gaz obtenu.	TEMPÉRATURE.	PRESSION en millim. mercure.	AZOTE en poids pour 1000 de terre.	MATIÈRE organ. pour 1000.	AZOTE pour 1000 de la matière organique.
1° De Marville, près S. Denis.	10^{gr},700	19^{cc}	18°	767	2,070	75	26,90
1° *Idem*, 2^{e} échantillon....	8,615	16	17	764	2,167	80	27
2° De Russie.....	3,940	5,5	15	769,5	1,74	100	17,40
3° De la Limagne.....	6,859	20	15,25	756	3,17	115	27,56
4° Des boulbènes (Haute-Garonne).....	13,500	8,50	12	737,75	0,725	16	4,5

On voit que les quatre premiers échantillons de terres, toutes très-fertiles, contiennent des proportions d'azote très-notables, et qui diffèrent peu entre elles; que la terre la plus productive (de la Limagne[1]) est aussi la plus abondante en azote, et celle dont la matière organique est elle-même la plus riche sous ce rapport. Calcinée en vase clos, cette terre donnait d'abondantes vapeurs ammoniacales. En comparant ces résultats avec ceux de la quatrième analyse faite sur les terres des boulbènes, très-peu fertiles par défaut d'engrais, on remarque combien cette analyse diffère effectivement, quant aux proportions de matière organique azotée et à la richesse de celle-ci en azote.

Il ne semblerait donc pas impossible de comparer les terres sous le rapport de leur richesse en matière azotée, et d'obtenir ainsi l'un des éléments les plus importants de l'appréciation de leur fertilité. Il faudrait, sans aucun doute, tenir compte aussi de plusieurs autres conditions, et notamment des quantités de subs-

[1] L'échantillon de terre de la Limagne d'Auvergne avait été pris par M. de Morny dans sa propriété. La terre des boulbènes venait de la propriété de M. Lagarde.

tance organique non azotée qui, en certaines proportions, pourraient devenir nuisibles[1]; il y aurait à considérer, en outre, l'état et les rapports des composés inorganiques.

Au surplus, le dosage de l'azote, tant de la terre que de sa matière organique, pourrait, du moins, servir pour estimer, beaucoup mieux qu'on ne l'a jusqu'à ce jour pu faire, l'état de fumure des terres pendant la durée des baux et à leur expiration ; ce serait une mesure d'une haute portée, si elle devenait générale, car elle ne tendrait à rien moins qu'à intéresser également le propriétaire et le fermier à l'amélioration des fonds, puisque tout accroissement ou diminution de l'état de fumure serait mis au compte de l'un des deux, et que, d'ailleurs, les produits durant le bail seraient d'autant plus forts que la fumure aurait été plus abondante; en un mot, chaque fermier n'aurait plus intérêt à épuiser la terre vers la fin de son bail[2].

Enfin, de toutes ces conséquences, la plus évidente est précisément celle qu'il fallait démontrer pour justifier le rôle attribué aux substances azotées dans les développements des végétaux.

Une objection encore pouvait se fonder sur ce que les substances organiques, pour être directement assimilables par les plantes, devaient être directement aussi solubles dans l'eau. Je crus donc devoir soumettre à cette épreuve quelques-unes des terres précitées; en voici les résultats :

[1] Telle me semble être la cause du peu de fertilité d'une terre de M. Darblay, et qui donnait à l'analyse des proportions d'azote aussi fortes que les meilleurs sols; mais il convient d'ajouter que dans cette terre les débris végétaux étaient beaucoup plus abondants encore et faisaient dominer les acides bruns, dont l'excès est toujours nuisible aux plantes.

[2] Ce fut aussi l'opinion émise récemment par M. de Mirbel à la réunion du conseil général d'agriculture, opinion qu'il voulut bien baser sur les travaux analytiques que nous avions exécutés et discutés ensemble.

Analyses des parties solubles à froid des terres cultivées.

TERRES SOUMISES AU LAVAGE.	EXTRAIT SEC employé pour l'analyse.	VOLUME d'azote.	TEMPÉRATURE.	PRESSION.	AZOTE EN POIDS pour 100 d'extrait.	AZOTE EN POIDS pour 100 de la matière organique.	MATIÈRE inorganique pour 100.
Terre de Marville.....	0gr,3015	6,5	14,5	770	2,957	11,334	74
—— des boulbènes.....	1,775	4,37	17,5	757,4	2,88	7,03	41
—— de la Limagne.....	0,3155	5,25	14	751	2,087	6,106	65,8

Ainsi donc la partie soluble de ces terres contient des matières azotées en proportions très-notables et peu différentes entre elles, pour un égal poids des extraits examinés et même pour la partie organique de ces trois extraits. Il y a donc là encore une concordance très-digne de remarque avec le rôle et la distribution des corps organiques à composition quaternaire riche en azote, et abondants en particulier dans les très-jeunes organes des plantes, qui puisent surtout leur nourriture dans le sol ou la séve ascendante, et qui commencent, sous l'influence de cette alimentation, les développements de toutes les parties des végétaux.

RELATIONS ENTRE LES MATIÈRES INORGANIQUES PUISÉES DANS LE SOL, LES EAUX NATURELLES, ETC. ET LES COMPOSÉS À BASES MINÉRALES RENFERMÉS DANS LES PLANTES.

Nous venons de voir que les terres plus ou moins fertiles, lors même qu'elles sont longtemps cultivées sans fumure, peuvent cependant céder à l'eau les matières organiques azotées que j'avais trouvées précédemment dans les tissus des plantes.

Une vérification du même genre me parut indispensable pour

contrôler mes résultats relatifs aux composés minéraux et mieux assurer les lois générales sur la présence et la distribution de ces composés dans les organismes végétaux; j'examinai, dans ces vues, les terres de Russie et des boulbènes de la Haute-Garonne [1].

TERRE DE RUSSIE.

Matières organiques (azote 0,0174)			6,93
Matières minérales	Silice	72,09	93,07
	Alumine	10,30	
	Oxyde de fer	5,62	
	Chaux, plus traces de phosphate	0,83	
	Magnésie	1,01	
	Chlorures, sodium et potassium	1,21	
	Perte	2,01	
			100

TERRE DES BOULBÈNES.

Silice	84,40
Alumine et oxyde de fer	3,60
Silice, alumine, oxyde de fer, directement solubles par l'acide hydrochlorique à chaud	4,31
Chlorures de sodium, potassium, calcium, magnesium et matières organiques	3,40
Débris de tissus végétaux	1,90
Silicates de chaux, magnésie, soude	1,19
Eau hygroscopique et perte	1,20
	100

On pouvait déduire de ces analyses que les terres cultivées sans fumure, ou rarement fumées, contiennent cependant les substances minérales indiquées dans les tissus des plantes par les observations précédentes; mais il était important de rechercher ces substances dans les eaux de lavages, dans lesquelles on devait supposer que les plantes puisent plus particulièrement les composés minéraux, ainsi que les substances organiques propres à leur nutrition.

[1] Je dois à l'active coopération de M. Poinsot d'avoir pu achever toutes ces analyses minérales.

Les terres de Marville et des boulbènes furent lavées presque jusques à épuisement; la solution filtrée, rapprochée à sec, laissa un résidu qui fut analysé, et dans lequel on trouva les substances ci-après indiquées.

RÉSIDU EXTRAIT DE LA SOLUTION AQUEUSE DE LA TERRE DE MARVILLE.

Matières organiques et eau hygroscopique	26,5
Silice	7,6
Magnésie	2,4
Chaux	21
Soude	2
Potasse	3
Acides sulfurique, phosphorique et carbonique	20,2
Chlore	8,8
Alumine et oxyde de fer	7,5
	100

La matière extraite par des lavages à l'eau de la terre de Marville contenait toutes les substances minérales trouvées dans les tissus des plantes.

En entreprenant quelques recherches sur le produit semblable du lavage de la terre dite des *boulbènes*, je me proposai de comparer les proportions de plusieurs de ses composants avec les quantités des mêmes matières minérales qu'on retrouve dans les plantes cultivées sur le même sol. C'était encore un moyen de retrouver des exemples de la diversité des aptitudes des plantes de familles différentes pour puiser les composés minéraux qui leur conviennent.

Les expériences furent faites sur la terre des boulbènes et sur les cendres des plantes venues dans ce terrain, et envoyées par M. Lagarde. Ces plantes avaient été choisies en état de végétation active au commencement de leur fructification, et l'on a incinéré ensemble tiges, feuilles et fruits.

Analyses comparées de l'extrait obtenu par lavages de la terre des boulbènes et des cendres de plantes venues sur cette terre.

	EXTRAIT obtenu par lavages; résultats sur 100.	100 du résidu de l'incinération.	100 DE CENDRES de Figuier.	de Vigne.	de Maïs.
Substances enlevées par l'incinération...	30,8	"	"	"	"
Silice.....	8,6	12,19	16,48	9,4	20,8
Magnésie.....	12	16,9	15,01	14,4	10,6
Chaux.....	19,4	26,7	26,27	21,6	5,4
Alumine.....	1,3	1,83	2,54	8,7	4,3
Soude et potasse.....	6,6	9,2	6	6,2	29,3
Acides sulfurique, phosphorique, carbonique; chlore, oxyde de fer, etc.....	"	33,47	33,70	39,7	29,6

Les résultats que présente ce tableau montrent clairement encore que la partie directement soluble des terrains peut fournir les substances minérales qu'on retrouve dans les plantes; que probablement l'action dissolvante est, dans certains cas, favorisée par l'influence de la végétation, surtout relativement aux matières minérales dont chaque espèce exige le plus; qu'enfin, dans les mêmes circonstances, les proportions des composés minéraux fixés dans les tissus varient dans les différentes familles; qu'ici, comme on l'avait pu remarquer ailleurs, c'est une graminée qui renferme les plus fortes proportions de soude ou potasse et de silice, tandis que les cendres de figuier contiennent les plus grandes quantités de chaux et de magnésie.

On peut admettre que les plantes absorbent de préférence les matières minérales qu'on retrouve, en général, plus abondantes dans leurs tissus; l'existence même des organismes spéciaux destinés à les recevoir annonce que ces matières doivent exercer

une influence notable sur les développements de ces plantes. Les mêmes composés inorganiques sont favorables à la végétation des différentes espèces d'une même famille. On n'en saurait douter, ces faits peuvent aider à comprendre les bons effets des assolements, lorsque la succession des récoltes évite l'épuisement de certaines substances minérales, dont on laisse le temps de réparer les pertes par des fumures ou des amendements bien appropriés, ou même par la désagrégation spontanée des parties que leur cohésion rendait inattaquables par l'eau.

J'ajouterai ici, en terminant, une observation susceptible encore d'être généralisée et de concourir à expliquer les effets avantageux et si remarquables des irrigations; c'est que la plupart des eaux naturelles convenables pour cette grande application, toutes celles que j'ai examinées du moins, ont une réaction alcaline et tiennent en solution des composés où se rencontrent des sels alcalins et calcaires, de la silice et des matières organiques azotées, c'est-à-dire les principaux agents de l'alimentation végétale [1].

[1] Lorsque je communiquai, en mars 1841, à l'Académie des sciences, l'analyse de l'eau du puits de Grenelle, qui renferme aussi, quoique en faibles proportions, tous ces composés dissous, je disais que la présence de la silice dans les eaux des rivières et des sources pouvait favoriser le développement des tissus végétaux qui en sont imprégnés et des spongilles abondamment pourvues de concrétions siliceuses sous la forme de spicules.

APPLICATIONS

DES

PRINCIPAUX FAITS CONTENUS DANS LES MÉMOIRES PRÉCÉDENTS,

À L'ORGANOGRAPHIE,

À LA PHYSIOLOGIE ET AUX ARTS AGRICOLES ET INDUSTRIELS.

SPONGIOLES ET JEUNES ORGANES DES PLANTES.

Les *expériences sur les spongioles,* contenues dans le premier mémoire, prouvent l'altérabilité de cet organisme important des végétaux sous les influences du tanin, qui contracte, ou des alcalis caustiques, qui dissolvent en partie leur substance azotée et arrêtent tout développement ultérieur de ces extrémités radicellaires.

Il en faut conclure, non-seulement que les débris de chênes peuvent exercer une action délétère, s'ils sont abondants autour des racines des plantes, mais encore, en rapprochant ces faits des observations de M. Dutrochet, sur une foule de solutions légèrement visqueuses qui font obstacle aux infiltrations par les tissus si déliés des spongioles, qu'on doit éviter de mettre en contact avec les racines les solutions trop chargées de matières solubles quelconques, provenant, soit des engrais ou des stimulants, soit des racines elles-mêmes, si, par défaut de perméabilité du sol, elles pouvaient être momentanément baignées d'eau; car leurs propres sucs, en se dissolvant, seraient capables de réagir sur les spongioles.

Tel est, par exemple, l'effet de l'immersion des racines de fraisiers et de plusieurs rosacées qui cèdent assez de tanin pour altérer fortement leurs propres radicelles.

On voit combien sont utiles, dans toutes ces circonstances, les sols convenablement perméables, qui, dans leurs interstices, laissent librement cheminer les prolongements radicellaires au milieu de gaz et des vapeurs condensables qui divisent et étendent d'eau distillée les solutions autour de ces radicelles et de leurs spongioles. De tels sols placent les organes les plus délicats des racines dans des conditions analogues à celles où se trouvent les racines aériennes qui, par leur structure et leur composition chimique, sont, en effet, comparables aux autres racines.

Cette perméabilité, ou l'ameublissement des terres labourables est à juste titre l'une des préoccupations des agriculteurs. Ils doivent redouter en outre les influences des sous-sols imperméables qui, retenant les eaux, occasionnent parfois l'immersion des racines, et par suite, non-seulement les altérations précitées, mais encore la désagrégation des tissus, que peut amener une macération prolongée.

On comprend ainsi la nécessité d'éloigner tout contact direct de ces organismes délicats avec les engrais fluides très-actifs, et de distribuer ceux-ci à distance des plants, comme le font les cultivateurs flamands.

De là encore l'explication des bons effets produits par les poudres charbonneuses qui absorbent et rendent plus stables les matières trop putrescibles ou volatiles et distribuent lentement ensuite aux végétaux les produits ammoniacaux de ces fermentations convenablement ralenties.

En découvrant *la prépondérance des substances azotées dans les cellules de tous les organes jeunes* et doués des plus actives fonctions vitales, je crois avoir fondé sur une base certaine, que tous les travaux ultérieurs ont élargie, la théorie de l'action des produits de la décomposition des débris organiques azotés, leur véritable rôle dans la nutrition végétale, les maxima d'effets utiles réalisables par un dégagement proportionné aux forces et aux surfaces assimilatrices des plantes; l'application avantageuse des radicelles d'*orge germée* (touraillons des brasseurs) à l'engrais des

terres; l'appréciation de la valeur des engrais par le dosage des produits ammoniacaux de leur décomposition (voir page 46); la présence des corps azotés dans les tissus cellulaires et vasculaires, comme dans la séve des plantes; l'altérabilité de ces corps entraînant les altérations du bois et indiquant l'ordre des moyens à employer pour prévenir ces altérations, c'est-à-dire l'application à cet usage des agents mêmes de la conservation des débris animaux[1]. Une série d'expériences sur la végétation conduisit M. Boussingault aux mêmes conséquences que nous avons présentées de concert dans un récent mémoire sur les engrais[2].

Le grand nombre de familles chez lesquelles la composition riche en azote des jeunes organes végétaux a été constatée (voir pages 5, 6, 9, 24 à 36 et 44) ne peut laisser aucun doute sur la généralité de cette loi naturelle.

En présence de tous ces faits, il devait venir à l'idée de *comparer les organismes si divers doués de la vie animale avec les corps azotés des végétaux*, de considérer les cellules végétales comme les enveloppes protectrices de ces corps vivants : telles furent effectivement les conclusions d'une foule d'expériences et la pensée dernière de chacun des mémoires qui précèdent.

AMIDON, DEXTRINE, DIASTASE, GLUCOSE, INULINE NORMALE ET INULINE ISOMÈRE.

Les applications organographiques, physiologiques, agricoles et industrielles des faits contenus dans le deuxième mémoire, sont particulièrement relatives à des substances congénères du

[1] Dans le mémoire sur les engrais, approuvé par l'Académie des sciences (voyez les Annales des sciences naturelles, t. XXX, et le Cultivateur, journal des progrès agricoles, juin 1834), on trouve l'indication des moyens qui ralentissent avantageusement les décompositions spontanées des engrais riches : la coagulation, la dessiccation, les additions de terres poreuses charbonnées, la distribution sur de grandes superficies, etc. ceux qui activent les putréfactions trop lentes : la division, l'hydratation, la mise en tas, une macération préalable, etc. etc.

[2] *Annales de chimie et de physique*, 1842.

tissu végétal, et qui peuvent s'y assimiler. Telles sont, en effet, l'amidon, la dextrine et l'inuline.

La *découverte de la diastase* a permis d'expliquer la dissolution de la substance amylacée dans les plantes, de bien comprendre et de régulariser les phénomènes analogues, dans la *germination et la saccharification des grains,* chez les brasseurs et les distillateurs qui emploient les céréales.

Les *formes et dimensions des grains d'amidon,* telles qu'on les trouve indiquées pour quarante-huit plantes, pages 57 à 76, ainsi que dans la première série de huit planches et leur description, pages 204 à 210, caractérisent assez la plupart des fécules en usage pour qu'on puisse reconnaître leur origine à l'inspection, sous le microscope, et distinguer, entre elles, certaines fécules commerciales.

L'*étude anatomique de l'amidon,* convenablement approfondie, soit par l'observation directe de ses grains entiers ou rompus en fragments, soit par diverses réactions chimiques, ne peut aujourd'hui laisser aucun doute sur sa structure générale. Il est évident que chacun de ces granules est formé de couches concentriques résultant de l'introduction, successivement opérée, de toute la matière amylacée par une même ouverture appelée *hile,* qui, en réalité, n'a point de rapport d'adhérence ou de nutrition, comme on l'avait à tort supposé, avec les parois de la cellule. Chaque couche, dans son épaisseur, offre un maximum de cohésion vers l'extérieur et le minimum à l'intérieur; la couche externe est douée d'une consistance plus forte que toutes les autres, et la couche centrale offre la plus faible cohésion.

L'*hydratation des granules amylacés* a lieu en plusieurs termes, dont le premier offre une combinaison si énergique, que l'oxyde de plomb seul peut la défaire en se substituant à l'équivalent d'eau.

Quatre autres termes, présentant 2, 4, 10 et 15 équivalents d'eau de plus, étaient intéressants à connaître pour la fixation de la valeur vénale des fécules industrielles.

Il importe de se rappeler aussi que la fécule, lorsqu'elle contient

de 10 à 15 équivalents d'eau, se réunirait en masses cohérentes, grumeleuses, impropres à la plupart des applications usuelles si on la chauffait brusquement au-dessus de 60° c^{x} : la dessiccation doit donc commencer dans les étuves à une température plus basse et être très-graduellement élevée, de façon à ce que le maximum de température dans les étuves continues, par exemple, n'atteigne la fécule qu'au moment où la plus grande partie de l'eau hygroscopique s'est dissipée.

Les mêmes données théoriques méritent une sérieuse attention de la part des malteurs et des brasseurs, car l'échauffement brusque au delà de 58° constitue le périsperme humide des *grains germés* en une sorte d'empois compact, qui, desséché, devient dur, *corné,* indissoluble dans les trempes ultérieures : c'est là une des causes les plus graves des altérations et des pertes que peut occasionner une dessiccation mal dirigée sur les tourailles.

Les *effets de dislocation* des particules amylacées par les températures de 150 à 220°, d'autant plus énergiques qu'ils ont lieu en présence de l'eau ou de la vapeur, ont indiqué les moyens d'accomplir et de régler la transformation des fécules en produits solubles sans changer leur forme pulvérulente, notions importantes pour les fabricants d'*amidon grillé,* de *leïocomme* et de *dextrine.*

En observant *la contraction par divers agents chimiques, et surtout par un simple refroidissement, des particules amylacées distendues préalablement dans l'eau bouillante,* on a pu démontrer l'insolubilité directe de ces particules.

L'élimination d'une portion d'entre elles, en laissant puiser, par les spongioles d'une jacinthe, l'eau qui distend ces particules, soit dans un empois consistant, soit dans une *solution* passée au travers de nos filtres en papier, donne une élégante démonstration du même phénomène.

L'énorme gonflement des grains d'amidon dans les solutions de soude et de potasse caustique a permis d'obtenir, par double décomposition, les divers amylates de chaux, baryte, protoxyde de plomb, etc.

dans lesquels, chose remarquable, la substance amylacée conserve toutes ses propriétés, même sa belle coloration violette par l'iode, dès qu'on la dégage de ces combinaisons.

La même observation, rapprochée d'une autre, l'inertie de l'ammoniaque sur l'amidon, offrit un *moyen d'essai des sels ammoniacaux*, car ceux-ci préservent le principe immédiat de toute action tant qu'ils sont en excès; mais, dès que la soude ou la potasse a saturé leur acide, l'un de ces alcalis caustiques, mis en excès, attaque et fait gonfler la substance amylacée (voyez p. 196).

Cette réaction prouve que dans une solution, et tout restant liquide, la *potasse comme la soude décomposent entièrement* les sels ammoniacaux.

Les solutions caustiques, étendues près de leur limite d'action sur la fécule, attaquent les plus jeunes de ses grains et indiquent les *différences d'agrégation dues à l'âge des grains d'amidon.*

La *théorie de la formation de l'empois* est devenue fort simple dès qu'il a été démontré que, sous l'influence de l'eau et de la température de 90 à 100°, toutes les couches concentriques solides, emboîtées, qui constituent chaque grain d'amidon, se gonflent en retenant l'eau interposée comme une sorte d'éponge très-dilatable.

A 140° en vases clos, on convertit l'empois en *mucilage convenable pour certains apprêts.* En soumettant à une étude attentive les *influences de l'iode sur l'amidon*, une foule de faits curieux se sont dévoilés (voyez pages 105 à 125); il a été facile d'en déduire plusieurs applications utiles et les faits suivants:

1° La perméabilité des grains d'amidon; 2° leur décoloration par couches de la périphérie au centre; 3° les indices certains des états d'agrégation par les nuances bleue, violette, rouge vineuse et rose pâle; 4° les effets de décoloration par l'écartement des particules de 60 à 100° et de coloration nouvelle par la contraction que le froid opère; 5° l'opacité remarquable de cet iodure; 6° la précipitation du réseau bleu par l'ichthyocolle, les acides, les sels, l'abaissement de la température; 7° l'application de cette

propriété pour *comparer la pureté des eaux potables, filtrées ou aérées*; 8° la même propriété et l'inertie de l'acide acétique, utilisées pour l'essai des vinaigres (voyez page 198); 9° la formation d'un iodure incolore tant que l'iode n'est pas en excès sensible; 10° la composition de l'iodure d'amidon hydraté sans désagrégation; 11° la résistance de cet iodure à la température, aux acides; 12° sa liquéfaction à l'état d'hydrate par la température; 13° l'inertie de l'iode sur l'amidon sec et la décoloration de l'iodure par l'alcool anhydre; 14° l'exfoliation des grains d'amidon bleuis; 15° l'effet de teinture pouvant définir la nature des composés colorés d'iode et d'amidon.

La *réaction remarquable du chlore* convenablement modérée, *détruisant par une combustion dans le liquide les parties moins agrégées*, a montré, dans chaque couche concentrique une pellicule douée du maximum de cohésion ne se colorant plus en bleu par l'iode, mais prenant cette belle coloration dès que l'acide sulfurique commence à la désagréger.

En soumettant la fécule des pommes de terre à des lavages par l'alcool anhydre, on en extrait directement les matières grasses et l'huile essentielle, *cause de l'odeur spéciale de cette fécule* qui, lavée ainsi jusqu'à épuisement, se rapproche beaucoup des fécules exotiques, exemptes de goût désagréable.

La réaction des acides minéraux et de l'acide tartrique fait découvrir leur présence dans l'acide acétique qui, à l'état pur, est sensiblement inerte sur la fécule, pendant la durée de l'essai.

Une combinaison de l'acide azotique avec l'amidon donne la *xyloïdine*, composé inflammable de + 200 à 250°. (Pelouze)

L'état naturel, l'extraction de la *diastase* et sa réaction singulière sur l'amidon, expliquent les transports de la substance amylacée d'un tissu à un autre dans les plantes, la *production* naturelle et artificielle, en rapports variables, et suivant des circonstances déterminées, *de la dextrine et de la glucose, et leurs caractères distinctifs*.

Les effets de l'alcool ou du tanin sur les solutions amylacées

ont reproduit, par des variations de température, des *phénomènes d'opacité et de transparence analogues aux colorations et décolorations alternatives de l'iodure d'amidon.*

L'inertie de l'ammoniaque, de l'acide acétique, de l'alcool, de l'éther et de l'eau à froid a procuré le *moyen* d'épurer l'amidon de presque tous les corps étrangers adhérents à sa superficie ou entre ses couches concentriques, et d'*obtenir alors sa dissolution diaphane* et sans résidu appréciable par l'acide sulfurique étendu.

Contrairement aux idées jusqu'alors reçues, *la composition élémentaire des parties internes et externes de l'amidon a été reconnue identique* après de nombreuses vérifications.

Les analyses comparées, le pouvoir de rotation, le *poids équivalent obtenu à l'aide de l'acétate de plomb ammoniacal,* le poids spécifique et plusieurs termes d'hydratation ont démontré, *entre l'amidon et la dextrine, identité de composition moléculaire;* d'un autre côté, la structure, l'action de l'eau et de l'iode établirent des différences dépendantes des groupes de particules et telles qu'il en résulte, à la fois, une *isomérie caractérisée entre ces deux substances* et des fonctions ou des applications toutes spéciales : pour l'une, de rester inaltérée en réserve dans les plantes comme dans les magasins des manufacturiers, d'être appliquée en raison de ses propriétés spongieuses, de son insolubilité, etc. et, pour l'autre, de traverser en dissolution complète les tissus végétaux, et d'être appliquée à divers usages économiques fondés sur sa grande solubilité.

Il est résulté d'une autre série de recherches que l'amidon, la dextrine, l'inuline normale et l'inuline fondue constituent quatre substances isomériques, et présentent, entre la première et la deuxième, une transformation analogue à celle qui se passe entre la troisième et la quatrième.

J'ai déduit d'un grand nombre d'observations les notions suivantes : aucun organe rudimentaire ou très-jeune des plantes ne contient d'amidon; ni l'épiderme, ni les vaisseaux, ni les méats intercellulaires n'en recèlent. Ce principe immédiat se rencontre

dans des cellules au milieu des tissus, où il peut rester en réserve comme un des matériaux des développements ultérieurs de l'édifice végétal.

L'amidon contenu dans les grains de pollen est identique avec l'amidon des autres tissus végétaux.

La valeur des produits des pommes de terre cultivées peut être estimée d'après la quantité de substance sèche des tubéreuses représentée dans la récolte d'un hectare.

Les pommes de terre gelées contiennent autant de fécule qu'avant leur congélation ; la diminution de leurs produits tient à la dislocation de leur tissu, qui isole les cellules. Soumises à la rape avant le dégel ou lavées, pressées et séchées immédiatement après, elles n'occasionnent aucune perte.

Les propriétés physiques de l'amidon s'appliquent aux essais des sels ammoniacaux, des vinaigres et de l'acide acétique.

La réaction de 0,0025 d'acide azotique à l'intérieur des grains de fécule désagrége à 100° la substance au point de la convertir économiquement en dextrine sans changer sa forme pulvérulente.

Cette dextrine, utilement appliquée dans les apprêts, encollages des tissus, gommage des couleurs, etc. offre à la chirurgie un des meilleurs moyens de maintenir les fractures en réservant toute facilité pour la levée totale ou partielle des appareils.

La préparation des bières blanches, l'amélioration des vins, sous le rapport de leur conservation, ont plus particulièrement étendu la consommation des glucoses obtenues au moyen de la saccharification de la fécule des pommes de terre.

CELLULOSE.

Le but du troisième mémoire était indiqué par la considération d'une transformation isomérique que j'avais admise *a priori*, entre l'amidon accumulé dans certains tissus et les développements des nouvelles cellules aux dépens de cette réserve. (Voyez p. 212.) Ce but fut atteint par la découverte de la composition

vraie et des propriétés de la matière des cellules : de la *cellulose*, en un mot. Ces notions nouvelles amenèrent plusieurs applications chimiques, physiologiques et même industrielles que nous allons résumer.

Les nombreuses variétés chimiques de tissus végétaux considérés à tort comme principes immédiats appelés ligneux, lignine, méduline, fungine, lichénine, etc. disparaissent et font place à un principe immédiat, unique, que l'épuration ramène au même type contenant 0,444 de carbone et se représentant par la formule $C^{24}H^{20}O^{10}$; isomérique par conséquent avec l'amidon, la dextrine, l'inuline normale et modifiée, renfermant 1 équivalent d'eau de moins que le sucre de cannes, et 2 de moins que la glucose.

Une réaction curieuse de l'acide sulfurique, en présence de l'iode désagrégeant la cellulose, lui fait reprendre l'un des caractères remarquables de la matière amylacée, en développant une belle coloration violette. C'est un retour vers un état que l'action désagrégeante de la diastase avait détruit d'abord, et qu'ensuite les phénomènes de la végétation avaient, au contraire, porté à un plus haut degré de cohésion.

La réaction plus avancée de l'acide sulfurique transforme la cellulose en dextrine, puis en glucose : *l'acide sulfurique, seul avec le concours de l'iode, peut donc servir de réactif pour la cellulose pure. La transformation superficielle de la cellulose en xyloïdine* permet d'obtenir des enveloppes imperméables et très-combustibles.

Le résultat le plus important de ce travail fut *de ramener à l'unité de composition chimique la substance organique constituant la trame de toutes les cellules végétales* primitives ou transformés en vaisseaux, fibres, etc.

Les mêmes réactions caractéristiques et la même composition élémentaire ont établi *l'identité de la cellulose* dans les tissus des feuilles, des radicelles, des périspermes des fruits de graminées, palmiers, et des poils qui recouvrent les graines du cotonnier,

des peupliers, etc. et dans les fibres des bois durs et tendres, des tiges des conifères, dans les membranes des vaisseaux, des trachées, comme encore dans les cellules des conferves, champignons, characées, et généralement de toutes les cryptogames analysées.

La même composition élémentaire et les autres propriétés se sont offertes dans *la cellulose empruntée aux tissus végétaux et pétrie par les guêpes* pour consolider leurs *nids*, comme aussi dans toutes les *parties les plus résistantes des membranes et fibres végétales qui ont résisté à l'action digestive des animaux*, après avoir laissé assimiler plusieurs matières organiques grasses ou azotées qui les accompagnaient.

En comparant ces portions si résistantes avec les membranes de *cellulose désagrégeables par l'eau bouillante*, on comprend que les premières soient dépourvues de toutes propriétés alimentaires, et que les autres puissent, comme l'amidon hydraté, comme l'inuline, parfois enfermée dans la trame de cellulose, et comme les sucres, servir à l'entretien de la vie animale.

La résistance de la cellulose fortement agrégée qui constitue les fibres textiles du chanvre, du lin, du bananier, de l'agave, du *Phormium tenax*, de l'*Urtica niveæa*, du coton, etc. explique leurs applications à la filature, au tissage et à la fabrication du papier. L'épaisseur très-forte de la cellulose dans le chanvre et le lin, très-faible dans les tubes constituant les poils du coton, permet de bien comprendre la différence de solidité entre les fils et tissus de chanvre et de lin, et ceux qui sont formés de coton.

L'action du chlore qui attaque par couches superficielles la cellulose et transforme ces parties en eau, plus acide carbonique, facilite évidemment ainsi l'élimination de tous les corps adhérents, et diminue l'épaisseur et la solidité de la cellulose: cette action doit donc être ménagée, en étendant les solutions et abaissant leur température.

La présence d'une matière grasse dans les poils des graines du cotonnier explique la durée remarquable des toiles de coton écru, et

particulièrement des toiles à voiles, exposées à toutes les intempéries des saisons.

Les matières grasses et azotées du maïs et de plusieurs périspermes alimentaires concourent à développer leurs propriétés nutritives.

La composition immédiate et élémentaire de la levure et du Monas Danalii a présenté, outre la cellulose, les proportions notables de substances azotées et grasses propres aux végétaux placés au bas de l'échelle des êtres organisés.

L'ensemble des analyses des plantes cryptogames ou herbacées a donné plus de carbone que la cellulose, et *un excès d'hydrogène* relativement à la quantité qui, avec l'oxygène, formerait de l'eau, ce que l'on doit attribuer surtout aux matières azotées ou grasses contenues dans leurs tissus.

Des différences nettes et tranchées entre les parties résistantes des membranes animales et végétales ont été mises à profit pour distinguer, dans les fils et tissus, les parties de chacune de ces deux origines, établissant une *ligne profonde de démarcation entre les deux règnes,* sans détruire *l'extrême analogie de composition entre les animaux et les corps renfermés dans les cellules des plantes, partout où une grande activité vitale se manifeste ou peut se développer.*

L'explication, page 250, de la planche I^re^, indique *les principales formes et épaisseurs des parois formées de cellulose.*

TISSUS LIGNEUX.

Le quatrième mémoire traite des concrétions et incrustations ligneuses; voici les conclusions capitales qui découlent de ce travail : 1° toutes les parties dures, vraiement ligneuses (*bois, noyaux, pierres des poires, des écorces, etc.*) sont formées de plusieurs matières organiques interposées dans l'épaisseur des couches de cellulose; elles ne constituent donc point un ligneux homogène, comme on l'avait admis; 2° ces parties ligneuses, de diverses natures, offrent toutes, dans leur composition, *un excès d'hydrogène,* ce qui généralise ce fait relativement à toutes les plantes, ligneuses

ou non, et complète l'explication sur *l'emploi de l'hydrogène fixé par la végétation.*

Parmi les applications importantes, on se rapellera que *la valeur calorifique, à poids égal, diffère dans les variétés de bois,* dans le cœur et l'aubier d'une même tige ; qu'elle est d'autant plus grande que les matières organiques incrustantes dominent davantage relativement à la cellulose ;

Que les bois sont d'autant plus durs, lourds et fragiles que la matière incrustante abonde, tandis qu'ils sont plus *liants ou fibreux si la cellulose domine* dans les fibres fortement épaissies ; qu'enfin ils sont blanc, légers et *peu résistants lorsque la cellulose, peu incrustée, forme des fibres à minces parois ;*

Que *la production de l'acide acétique par distillation,* ou carbonisation en vases clos, *est d'autant plus grande, à poids égal, que les bois sont plus chargés de matières incrustantes.*

Les analyses immédiates et élémentaires des végétaux ont conduit à trouver que la *tourbe* légère a une composition bien plus complexe qu'on ne l'avait supposé. *Elle renferme sept substances organiques qui paraissent dérivées d'autant de principes immédiats des plantes.*

La principale *cause de l'altération spontanée des bois réside dans la putréfaction des matières azotées,* putréfaction qui entraîne la pourriture des autres substances organiques. Les solutions suivantes employées avec succès *pour prévenir cette première putréfaction* sont aussi au nombre de celles qui conservent les matières animales :

Le sublimé corrosif (bichlorure de mercure) qui conserve si bien les pièces anatomiques, même les cadavres entiers d'animaux, les échantillons de plantes dans les herbiers, les bois des serres, ordinairement si altérables par les circonstances de température et d'humidité dominantes dans ces lieux[1].

[1] Les bois de sapin, refendus et accouplés, employés dans la construction d'une très-grande serre ayant vingt-trois mètres de haut, chez le duc de Devonshire, ont été imprégnés, suivant la méthode de Kyan, par une immersion durant huit à quinze jours, suivant leur volume, dans une solution contenant 0,02 de sublimé; au bout de dix ans ces bois n'avaient encore éprouvé aucune altération sensible.

La créosote brute, mise en usage dans les mêmes vues par M. Moll. Elle préserva les bois et de la pourriture et des attaques des insectes, dans des expériences décisives faites par les ordres de l'amirauté de Londres.

Le sel marin, qui préserve de toute altération, depuis des siècles, les boiseries des mines d'Hallein, arch. de Saltzbourg (Autriche), exploitées avant l'ère chrétienne. Des effets analogues, observés par M. Carny depuis l'exploitation des mines de sel de Dieuze, ont prouvé que le chêne et le sapin, imbibés de solution saturée de sel, conservent leur dureté et leur résistance depuis vingt ans.

Les huiles fixes (notamment l'huile de lin rendue siccative par la litharge) et *le sulfate de fer* ont fourni des exemples de conservation remarquables dans les expériences de pénétration à l'aide d'une pression énergique. M. Bréant, auteur de ce procédé, que l'on applique en Angleterre, a remarqué que le sulfate de fer désagrégeait ultérieurement les fibres du bois, tout en empêchant la pourriture, et que, pour éviter cette désagrégation, il convenait de faire succéder une injection d'huile à l'injection de sulfate.

Chacun connaît la propriété des *résines* dissoutes dans les *huiles essentielles*, qui défendent les parties très-résineuses des bois des conifères.

L'acide pyroligneux, mélange si complexe d'acide acétique, de créosote, d'acétate de fer et des divers produits du goudron, employé avec succès par le docteur Boucherie pour préserver, notamment, les bois des cercles, que l'humidité des caves altère ordinairement si vite. La pénétration obtenue dans cette application, au moyen de l'aspiration par les feuilles des arbres, envahit rapidement les principaux conduits séveux et les tissus voisins; malheureusement elle s'étend peu ou point au delà, en sorte que, dans les bois volumineux et durs, l'aubier seul est injecté.

L'infiltration par simple déplacement, dans les tiges des arbres abattus, m'a semblé mieux réussir, surtout relativement aux pins, dont tout le tissu présente une structure tubulaire; toutefois, les procédés d'injection des bois laissent à désirer, soit sous le

rapport de l'économie, soit sous celui d'une pénétration complète.

Le tanin, qui défend contre la pourriture les filets exposés aux alternatives d'humidité et de sécheresse, *les goudrons, les sels alumineux, etc.* peuvent aussi retarder beaucoup les altérations spontanées des bois. Toutes ces substances antiseptiques sont également des agents de la conservation pour les débris animaux; on peut donc admettre que la cause première de la putréfaction des produis organisés, animaux ou végétaux, tient en effet aux altérations des substances quaternaires peu agrégées.

Une autre cause, ignorée jusqu'ici, des altérations des bois durs, précisément dans les cas où elles sont très-rapides, ressort évidemment de la composition immédiate de ces bois, composition qui peut expliquer certaines différences de durée des bois, dignes de tout l'intérêt des physiologistes, des économistes et des agriculteurs.

Voici quelques faits sur ce sujet, très-simples aujourd'hui, mais qu'il eût été impossible de comprendre lorsqu'on supposait que les bois des différents arbres étaient formés, pour plus des 0,9 de leur poids, d'un *ligneux homogène*.

Dans les mines de houille, et surtout au milieu des galeries, où la température s'élève sans qu'il y ait assez d'humidité pour que les bois soient mouillés, le chêne noir, comme le chêne blanc, résiste à peine trois ou quatre ans; ces deux espèces de bois sont cariés jusques au cœur au bout de ce temps, tandis que l'acacia en tiges de dimensions égales, par conséquent moins âgées, dure de douze à quinze ans presque sans éprouver d'altérations.

Si l'on compare attentivement ces essences entre elles, d'après les notions que nous avons établies, on trouve que le chêne renferme à peine la moitié de la quantité de cellulose que contient l'acacia, à poids égal. On sait d'ailleurs que le chêne est plus riche en tanin que la plupart des autres arbres; qu'enfin le tanin s'y trouve, à l'état normal, en secrétions isolées.

Ces données suffisent à la discussion des faits ci-dessus et de quelques autres non moins importants.

La cellulose, lorsqu'elle est pure, fortement agrégée, et qu'elle constitue des parois épaisses dans les tissus végétaux, offre une grande résistance à divers réactifs, aux agents atmosphériques, à la digestion des animaux, etc. La cellulose qui constitue les fibres ligneuses de l'acacia présente ces caractères, car elle est douée d'une forte cohésion, et renferme beaucoup moins de substances organiques interposées que la plupart des bois durs ; dans le chêne, au contraire, la cellulose et injectée d'une grande quantité de matière incrustante. Les parties divisées par cette abondante injection forment une trame spongieuse, remplie de corps hétérogènes, offrant prise aux altérations sur une très-grande surface ; les altérations y deviennent effectivement très-actives, surtout lorsque l'atmosphère ambiante est à la température qui favorise les fermentations et les végétations cryptogamiques. Dans ces circonstances, les différences de durée du chêne et de l'acacia sont très-grandes ; elles sont bien moindres et peuvent devenir nulles lorsque l'excès d'humidité ou l'eau liquide baigne les bois : alors le chêne n'offre plus à l'action de l'oxygène de l'air les mêmes surfaces ; d'ailleurs, le tanin est dissous, et, réagissant sur les principes azotés, il constitue une combinaison peu altérable.

La grande résistance du bois d'acacia aux influences atmosphériques est un fait certain, encore trop peu connu ou apprécié ; on peut s'en assurer cependant par les expériences, anciennes déjà, qui ont constaté sa durée comparativement très-grande dans les chevilles ou gournables des navires, boisages des mines, échalas des vignes et pépinières, raies et jantes des roues de voitures, bobines des filatures à l'eau chaude (lin), planchettes à étiquettes dans les jardins, encoignures des caisses d'orangers et autres plantes, etc. et la cohésion de ses fibres est également prouvée par l'usage avantageux que l'on fait de ce bois lentement desséché, dans la confection des alluchons des machines ou dents encastrées des roues d'engrenage.

CONCRÉTIONS MINÉRALES DES PLANTES.

Le cinquième mémoire, qui eut pour objet d'étudier *les substances minérales dans les végétaux*, a fait voir que ces substances *ne sont pas déposées au hasard ni simplement en vertu des lois physiques de l'évaporation; qu'elles sont, au contraire, conduites vers des organismes disposés d'avance pour les recevoir;* que, sous l'influence de la végétation les mêmes composés prennent des formes variables suivant les espèces des plantes, et toujours déterminées par l'action des corps organiques; que l'oxalate de chaux, si généralement répandu dans les végétaux, surtout dans leurs feuilles, se montre en effet tantôt en raphides très-longues et minces, tantôt en prismes gros et courts, presque toujours sécrété dans des cellules spéciales et parfois symétriquement disposées sous le tissu épidermique, souvent autour des vaisseaux dans les nervures.

Aucune famille ne renferme en aussi grande abondance que les cactées, des concrétions cristallines d'oxalate de chaux : là encore *les cristaux sont enveloppés dans de légères membranes* que l'on parvient à découvrir en dissolvant la matière minérale.

Un grand nombre d'urticées renferment, dans des cellules spéciales de leurs feuilles, des concrétions volumineuses de carbonate de chaux enveloppées dans un tissu construit autour d'un pédicelle de cellulose, organisme remarquable qui se développe avant l'apparition des concrétions calcaires.

Une particularité digne d'intérêt montre dans les *Chara vulgaris* et *Chara hispida, la substance calcaire maintenue à l'extérieur des cellules par l'organisme sécréteur.*

Une sécrétion liquide est aussi disposée périphériquement et contenue dans des enveloppes glanduleuses sur toutes les feuilles, branches et tiges de la glaciale (Mesembrianthemum cristallinum). Les oxalates de potasses ou de soude formant cette sécrétion donnent, après l'incinération, du carbonate alcalin : telle est, en particulier, l'origine de l'alcali dans la soude de Ténériffe.

Toutes *les substances oléiformes dans les plantes sont,* de même, *contenues dans des appareils sécréteurs* de chaque cellule ainsi qu'on peut le voir, soit directement, soit en attaquant les légers tissus qui recèlent l'huile. (Voyez la description, pages 250 et 442, de la deuxième série des planches.)

Un grand nombre d'observations au microscope, d'expériences et d'analyses ont démontré que *la silice est plus particulièrement injectée dans les membranes épidermiques, et surtout dans la cuticule* des plantes; qu'enfin cette dernière membrane, *toujours injectée de substances azotées,* offre une grande résistance aux agents chimiques.

Les aptitudes spéciales des plantes, pour puiser, dans le sol ou les eaux, certaines matières minérales de préférence aux autres, sont démontrées dans un tableau synoptique, résumant toutes les analyses et montrant l'utilité de l'alternance des cultures.

Une conséquence notable de la culture des plantes puisant successivement à différentes profondeurs du sol est de ramener à la superficie les engrais et amendements dissolubles infiltrés avec les eaux pluviales.

FEUILLES DÉCRÉPITANTES, PANACHÉES ET AUTOMNALES.

Dans le sixième mémoire, l'étude des feuilles décrépitantes montre que *l'occlusion partielle ou totale des stomates* est une des causes principales du phénomène, et que *la panachure des feuilles est accompagnée de l'oblitération des stomates et d'une accumulation d'eau dans les tissus,* conséquences naturelles *d'une diminution d'énergie vitale* dans ces feuilles; des altérations analogues, et surtout le rétrécissement des ouvertures des stomates coïncident avec l'affaiblissement des fonctions respiratoires et exhalantes des feuilles automnales, qui se colorent souvent par des infiltrations dans les tissus épidermiques.

L'examen microscopique et chimique a permis d'observer et de représenter à l'aide de figures la formation et le développement

des appareils respiratoires des plantes en présence des corps azotés qui prennent part à toutes les formations végétales.

PECTINE ET ACIDE PECTIQUE, *PANDANUS*, CORALLINÉES, TÉGUMENTS DES INSECTES, ACÉTATES ET PROTOXYDE DE PLOMB EN CRISTAUX, COMPLÉMENT DE DIVERSES ANALYSES DE RACINES, BOURGEONS, FRUITS, SÉVES, TOURBES, TERRES CULTIVÉES.

Une des applications importantes des données réunies dans le septième mémoire fut d'indiquer *l'emploi des bases calcaires et alcalines à former, avec la pectine et l'acide pectique, des composés interposés dans les parois et les méats intercellulaires*, et de montrer que ces deux substances organiques s'extraient aisément à froid des épidermes, écorces, tiges, feuilles et racines tuberculeuses des plantes.

La disposition en séries des cristaux cubiques d'oxalate de chaux logés dans une gaîne à compartiments donne une idée de la structure des raphides, et se montre fréquemment dans les tissus des tiges du *Pandanus*.

L'examen chimique des corallinées, la présence d'une *sécrétion amylacée dans la coralline officinale* concourent, avec la détermination organographique de M. Decaisne, à faire admettre les corallinées parmi les végétaux.

Une nouvelle étude et *l'analyse élémentaire des téguments des insectes et des crustacés* distingua nettement ces membranes de la cellulose, de la membrane épidermique et même de la cuticule des plantes.

En augmentant la stabilité de l'acétate de plomb tribasique par un composé ammoniacal, on a indiqué le moyen *de combiner l'oxyde de plomb avec les principes indifférents des végétaux*. La préparation d'une *litharge cristalline par voie humide* et d'un *hydrate tribasique de protoxyde de plomb en octaèdres réguliers*, est déduite de ces recherches.

Les proportions considérables de substance azotée et de matière grasse dans les choux-fleurs ont vérifié leur analyse élémen-

taire en expliquant leur propriété nutritive; des résultats analogues ont fait comprendre les *utiles applications économiques et les moyens de conservation des fruits du maïs.*

Des moyens simples d'analyse immédiate permettent d'extraire avec toutes ses propriétés physiques le *gluten pur du froment.*

En trouvant dans les séves et sur les parois des conduits séveux les matières propres aux développements des jeunes organismes, on ajoute une démonstration nouvelle de *l'influence de ces matières azotées puisées dans le sol, sur la nutrition végétale, avant l'apparition des organes foliacés.*

Les fruits de Cactus opuntia *renferment de la glucose,* tandis que *le lait de la noix de coco, le suc des melons, les amandes* de l'Arachis hypogea *et les tubercules des batates contiennent du sucre de canne.*

La plupart de ces recherches et les observations récentes sur la pectine et l'acide pectique rectifient sur plusieurs points la *composition chimique de la betterave à sucre* (voir p. 363).

Les *décrépitations des feuilles* du *Magnolia grandiflora* offrent un caractère dépendant d'une structure spéciale.

La *détermination des substances azotées et minérales propres à la nutrition des plantes dans les terres en culture* ouvre une voie nouvelle à *l'appréciation de l'état de fumure et d'amendement des terres,* lors de la reprise des baux, et permet d'espérer qu'on parviendrait, de cette manière, à moraliser et rendre plus profitables aux deux parties les conditions des fermages.

LOIS GÉNÉRALES

OBSERVÉES DANS L'ORGANISATION, LA COMPOSITION CHIMIQUE ET LES DÉVELOPPEMENTS DES VÉGÉTAUX.

L'observation des faits isolés acquiert une importance plus grande lorsqu'il est permis d'en déduire certaines lois générales qui étendent nos connaissances au delà du cercle de nos travaux, ou qui, du moins, peuvent servir de guides pour de nouvelles recherches.

Voici l'énoncé des principales lois naturelles, énoncé qui me semble suffisamment justifié par les faits et les vérifications contenus dans les sept mémoires précédents.

I. SPONGIOLES.

Les spongioles des radicelles de toutes les plantes phanérogames *se distinguent des autres parties des tissus en contiguïté, par l'abondance des substances azotées, molles, contractiles, absorbantes, qui remplissent leurs cellules.*

Les proportions considérables de ces substances sont en rapport avec l'énergie vitale, l'activité de développement des extrémités radicellaires et les importantes fonctions qu'elles accomplissent pour la nutrition végétale; leur altérabilité même produit l'effet utile d'arrêter l'absorption des liquides trop visqueux, astringents, alcalins, acides ou salés qui, portés dans la circulation, feraient périr la plante: peut-être démontrera-t-on plus tard que *ces corps organiques azotés ont aussi une influence directe sur les absorptions spéciales* exercées dans un même sol par certaines familles ou certaines espèces de végétaux.

II. JEUNES ORGANES DES VÉGÉTAUX.

Tous les très-jeunes organes foliacés, florifères ou fructifères, plus directement alimentés par la séve ascendante lorsque les stomates et les parties vertes ne sont pas encore développés, *contiennent en abondance, des corps azotés et généralement, dans ces parties aériennes encore, la quantité des substances organiques à composition quaternaire est en raison directe des facultés de développement et en raison inverse de l'âge de chacun de ces organismes végétaux.*

III. DISTRIBUTION DES CORPS AZOTÉS DANS LES ORGANISMES DES PLANTES.

Les corps azotés, agents principaux de la vie active des plantes, *se retrouvent, dans toutes les cavités celluleuses ou tubulaires,* libres ou adhérents aux parois. *Le développement de ces corps précède souvent la formation de leurs enveloppes celluleuses,* comme cela se peut voir dans le liquide lactescent de la noix de coco, et au milieu des fluides, dans les lacunes de divers tissus où l'organisation se prépare. La réciprocité n'a jamais lieu.

IV. SÉCRÉTION ET COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE LA SUBSTANCE AMYLACÉE.

La substance amylacée apparaît dans les tissus où s'amassent les matériaux propres aux développements ultérieurs de l'édifice végétal; on ne l'a jamais observée dans les tissus rudimentaires (spongioles, rudiments des bourgeons, pollen naissant, ovules non fécondés), ni dans les vaisseaux, les méats, l'épiderme.

Sa densité = 1,520; son poids équivalent = 1930; anhydre, sa formule = C^{24} H^{18} O^{9}; à l'état d'amylate d'eau ou d'amidon parfaitement desséché = H^{2} O, C^{24} H^{18} O^{9}; elle forme des hydrates définis avec 2, 4 et 10 équivalents d'eau; bien agrégée, elle est insoluble à froid.

V. AMIDON, FORMATION ET STRUCTURE.

Les grains d'amidon offrent des configurations très-variées dans les divers végétaux, mais *ressemblantes dans une même plante. Leur formation a lieu par intussusception de la substance* dont le passage laisse la trace appelée *hile*, ou plutôt celle d'un entonnoir pénétrant autour et près du centre ou de l'axe de chaque sphéroïde, ellipsoïde, etc. *Chaque couche interne est ainsi plus récente et moins agrégée que la couche enveloppante*, et, à plus forte raison, que les couches plus rapprochées encore de la superficie. *Cette formation s'effectue sans que les grains soient attachés ou adhérents aux parois des cellules.*

VI. DIASTASE; TRANSFORMATIONS DE LA SUBSTANCE AMYLACÉE.

Au moment où l'approvisionnement de la substance amylacée, défendue des agents extérieurs par sa structure et sa cohésion, *doit servir à développer de nouveaux tissus, son hydratation et sa dissolution ont lieu à la faveur* d'une matière active qui apparaît alors (*diastase*), douée d'une énergie énorme, bien que neutre ou inerte relativement aux autres corps de la nature. C'est ainsi que, plusieurs fois transformé en dextrine et en glucose solubles, cet approvisionnement passe successivement d'un tissu dans un autre, tantôt pour s'accumuler de nouveau, tantôt pour s'engager dans une plus forte agrégation sous formes membraneuses stables, constituant alors la trame des cellules.

VII. PECTINE ET ACIDE PECTIQUE.

L'acide pectique et la pectine préexistent simultanément, combinés avec la chaux, la soude et la potasse dans un grand nombre de végétaux; on peut les en extraire à l'état de pureté en opérant à froid.

VIII. CELLULOSE : COMPOSITION, STRUCTURE, RÔLE DANS LA VÉGÉTATION.

La cellulose, isomérique avec l'amidon, la dextrine et l'inuline, constitue la substance même des parois des cellules vésiculeuses, polyédriques ou allongées en fibres, tubes, vaisseaux ou trachées; à peu près pure, elle forme les parois cellulaires des spongioles, des périspermes, des fibres textiles, etc. Dans les parois rapidement épaissies, on remarque de nombreux canalicules; *la cellulose injectée de matière azotée et de silice, forme l'épiderme ou la cuticule épidermique* des tiges et des feuilles; parfois, comme *dans les couches épidermiques épaisses des cactées, les couches superposées de cellulose alternent avec les pectates et pectinates calcaires et alcalins.* Ces composés souvent remplissent les méats entre les cellules ou les fibres; *la cellulose se rencontre injectée d'inuline chez les lichens, Fucus, etc.* Plus ou moins imprégnée d'incrustations organiques, elle forme les différents bois.

IX. CARACTÈRES DISTINCTIFS ENTRE LES VÉGÉTAUX ET LES ANIMAUX.

Presque pure ou abondamment injectée, *la cellulose caractérise les êtres végétaux,* en constituant la trame qui relie toute leur structure. On ne l'a jamais rencontrée parmi les membranes animales, qui toutes renferment des proportions d'azote plus considérables même que la cuticule épidermique des végétaux.

X. FIBRES ET CONCRÉTIONS LIGNEUSES.

Les fibres ligneuses sont caractérisées par des matières organiques incrustantes injectées dans la trame de cellulose, au nombre de trois ou quatre, et dont les proportions variables, graduellement accrues *rendent les bois durs, pesants, fragiles, susceptibles de poli; plus riches en carbone,* dont ils renferment depuis 47 jusqu'à 53 cen-

tièmes; *plus abondants en hydrogène, dont ils contiennent tous un excès* depuis 0,3 jusqu'à 0,7 p. o/o.

Rapidement formées dans les noyaux des fruits, dans les concrétions dures des poires, des écorces, etc. ces fibres ligneuses courtes, irrégulières, polyédriques ou arrondies, correspondent par leur composition élémentaire aux incrustations des bois durs; elles sont traversées dans leur épaisseur, jusqu'à la cellule mince primitive, par un grand nombre de canalicules convergeant vers leur cavité centrale.

XI. CAUSES DES ALTÉRATIONS SPONTANÉES DES DIFFÉRENTS BOIS.

Sous les influences réunies de l'humidité et de la température de l'air à certains degrés, les matières azotées contenues dans les fibres ligneuses s'altèrent rapidement; leur putréfaction occasionne la pourriture du bois. Les effets de ces réactions sont très-variables, mais dépendent généralement de la contexture et de la composition des tiges ligneuses: Les bois blancs légers, dont les fibres à parois minces offrent plus de surface et contiennent plus de matières azotées sont les plus altérables; l'aubier des bois durs se rapproche des précédents.

Le cœur des mêmes bois durs résiste bien plus, en raison de l'épaisseur et de la cohésion de ses fibres et des moindres proportions de matières organiques azotées.

Les bois des conifères résistent en raison des huiles essentielles et des résines qu'ils contiennent, bien que leur structure tubulaire puisse propager les altérations spontanées.

Les tiges d'acacia réunissent plusieurs conditions de structure et de composition qui expliquent leur résistance remarquable en des lieux où, dans un temps moitié moins long, les bois ci-dessus sont désagrégés par la pourriture : ce sont, 1° l'épaississement de leurs fibres par la cellulose fortement agrégée; 2° des proportions deux à trois fois moindres des matières incrustantes interposées qui, dans les bois très-durs, accélèrent la pourriture

en divisant trop la cellulose. Employé dans les boisages des mines, gournables des navires, encoignures des caisses d'orangers, échalas des vignes et raies des roues de voitures, le bois d'acacia peut avoir une durée double de celle du cœur de chêne; si l'on ajoute que ce bois, en raison même de la proportion, de la ténacité de sa cellulose et du faible volume de son aubier, s'emploie avantageusement pour confectionner les alluchons et dentures des machines, qu'enfin sa croissance est rapide, on fera bien comprendre l'intérêt que doit offrir la culture de l'acacia.

XII. COMPOSITION IMMÉDIATE DES ORGANISMES REPRODUCTEURS DES VÉGÉTAUX.

Les organismes plus particulièrement destinés à la reproduction des plantes, les *fruits*, *graines*, *spores* et *sporules*, *contiennent*, *réunis*, en proportions souvent plus fortes que dans les autres tissus, *les produits indispensables aux développements ultérieurs*; ce sont: outre la cellulose, une ou plusieurs de ses congénères désagrégeables ou solubles (amidon, dextrine, sucre, glucose); 2° des substances neutres azotées sous formes concrètes et solubles; 3° des matières grasses; 4° des sels de chaux, potasse ou soude; 5° de la silice; 6° de l'eau.

XIII. SÉCRÉTIONS MINÉRALES DANS LES PLANTES.

Les substances minérales, loin d'être distribuées au hasard dans les plantes, y sont triées puis réparties dans des organismes spéciaux disposés pour les recevoir.

Tels sont: *la silice*, plus particulièrement portée vers la périphérie, injectée dans les membranes épidermiques et surtout dans l'épaisseur de la cuticule des feuilles, tiges, et des poils exposés à l'air atmosphérique; *l'oxalate de chaux*, dont la base puisée dans le sol s'unit à un acide végétal. Ce sel, universellement répandu dans les plantes, y affecte les diverses formes polyé-

driques, des raphides en longues aiguilles prismatiques et des cubes, rhomboëdres, prismes courts; conformations déterminées par les corps organiques qui enveloppent et réunissent les particules cristallines dans des cellules appropriées. Les agglomérations de ces cristaux sont très-nombreuses et muriformes dans la plupart des feuilles autour des vaisseaux des nervures.

Le carbonate de chaux formant dans les feuilles des plantes de la grande famille des urticées ces jolies concrétions mamelonnées contenues dans un tissu léger qui se rattache autour d'un pédicelle élégamment suspendu à l'épiderme, au milieu d'une cellule agrandie d'avance, le même sel calcaire vient incruster, à l'aide d'un tissu spécial qui le fixe, les parois externes des cellules allongées et des tubes de plusieurs espèces des characées, tandis que d'autres plantes de la même famille sont dépourvues du tissu sécréteur et de la concrétion minérale, quoique vivant dans les mêmes eaux.

L'oxalate de soude et de potasse en solution alcaline incolore, contenue dans les glandes vésiculeuses qui entourent et décorent toutes les parties aériennes de la glaciale (*Mesembrianthemum cristallinum*) ; tandis qu'à l'intérieur des mêmes feuilles et tiges de cette plante se trouvent des matières vertes dans un suc acide.

Ainsi donc, dans les végétaux, les substances minérales, comme les matières grasses, comme les huiles essentielles et divers principes immédiats, sont sécrétées sous l'influence des corps à composition quaternaire, et rangées dans des organismes spéciaux.

XIV. FORMATION, DÉVELOPPEMENT, OBLITÉRATION DES STOMATES; FEUILLES DÉCRÉPITANTES; PANACHURES DES FEUILLES; FEUILLES AUTOMNALES.

Étudiés sur les parties d'abord enveloppées, où l'air commence à prendre accès et détermine leur formation, *les stomates se développent, comme tous les appareils des végétaux, sous l'influence de corps à composition quaternaire.* Une pellicule, injectée de matière azotée et continue avec la cuticule épidermique, pénètre dans

l'ouverture évasée de chaque stomate, dont elle tapisse les parois jusque dans la cavité pneumatique.

Lorsque, sous certaines influences, *les fonctions des feuilles se ralentissent, leurs stomates, s'oblitérant par degrés*, interceptent le libre passage des gaz et des vapeurs : il en résulte que *plusieurs feuilles consistantes font entendre de petites explosions lorsqu'on les expose à la flamme.* Dans beaucoup de cas, *cette diminution de perméabilité, retardant l'exhalation aqueuse, fait infiltrer dans les tissus et les couches épidermiques, des liquides colorés qui produisent des panachures;* enfin, *une cause analogue opère les modifications qui caractérisent l'état de souffrance des feuilles automnales.*

XV. COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE GÉNÉRALE DES PLANTES À L'ÉTAT NORMAL.

La somme des éléments de toute plante prise dans son ensemble peut être représentée par du carbone, de l'eau, plus un excès d'hydrogène. Les substances azotées, neutres et grasses, concourent surtout à donner cet excès d'hydrogène dans les cryptogames et les plantes herbacées; ces substances, moins abondantes, et les concrétions ligneuses donnent le même résultat dans les végétaux *ligneux*.

XVI. COMPOSITION IMMÉDIATE DES TOURBES.

Les tourbes, engendrées par la décomposition incomplète de divers végétaux, contiennent sept produits qui correspondent à l'altération de chacun des principes immédiats du ligneux et des parties herbacées.

XVII. CORPS DOUÉS DE VIE DANS LES PLANTES.

Enfin, une loi sans exception me semble apparaître dans les faits nombreux que j'ai observés, et conduire à envisager sous un nouveau jour la vie végétale. Si je ne m'abuse, tout ce que dans

les tissus végétaux la vue directe ou amplifiée nous permet de discerner sous les formes de cellules et de vaisseaux, ne représente autre chose que les enveloppes protectrices, les réservoirs et les conduits, à l'aide desquels les corps animés qui les sécrétent et les façonnent, se logent, puisent et charrient leurs aliments, déposent et isolent les matières excrétées.

Conduit à cette opinion par mes premières études sur les organismes végétaux, j'y fus ramené sans cesse, en cherchant des faits nouveaux capables de dévoiler la vérité.

Au moment d'exprimer cette pensée, je me suis bien souvent tenu dans des termes de doute qui la laissaient entrevoir; peut-être aurais-je quelque temps encore gardé la même réserve, s'il ne m'eût semblé que M. de Mirbel, par une autre voie, surprenant au milieu d'un fluide le travail de l'organisation qui *précède* la formation des cellules, arrivait à des conclusions concordantes avec celles de mes propres travaux.

A cet imposant appui vinrent se joindre les résultats confirmatifs des investigations que nous avons entreprises de concert, et dont nous soumettrons prochainement les détails à l'Académie.

Je n'hésite donc plus aujourd'hui; mais, dans l'espérance qu'on voudra bien suspendre une critique prématurée, je m'empresse d'ajouter que ces déductions nouvelles de la chimie appliquée à la physiologie végétale, s'accordent aussi avec les faits introduits dans cette science par nos illustres devanciers et contemporains. Lorsque je développerai ces applications, j'espère pouvoir établir, en outre, comment elles expliquent plusieurs observations, qu'il était bien difficile de comprendre avec le seul secours des faits organographiques précédemment admis.

Afin de compléter aujourd'hui l'énoncé du fait général, je rappellerai que les corps doués des fonctions accomplies dans les tissus des plantes sont formés des éléments qui constituent, en proportions peu variables, les organismes animaux, qu'ainsi l'on est conduit à reconnaître une immense unité de composition élémentaire dans tous les corps vivants de la nature.

DESCRIPTION DES PLANCHES.

DEUXIÈME SÉRIE[1].

PLANCHE II.

CONCRÉTIONS DU *FICUS ELASTICA*.

La 1re figure à gauche de la planche montre, par une coupe dans un plan perpendiculaire au limbe de la feuille du *Ficus elastica*, une concrétion calcaire à l'état normal : on distingue les mamelons qui sont en saillie sur toute la périphérie de cette concrétion; la membrane qui enveloppe et limite ces protubérances est visible en plusieurs endroits.

Le pédicelle qui supporte la concrétion est soudé ou contigu au tissu épidermique.

L'agrandissement considérable de la cellule préparée pour cette concrétion est manifeste, car elle traverse deux rangées de cellules sous-épidermiques, se prolongeant encore dans le parenchyme, sur une longueur presque égale à deux des cellules remplies de granules verts.

Quelques corps azotés se voient autour et près du pédicelle; on distingue enfin la cuticule épidermique et ses épaisissements en coins, qui correspondent à tous les intervalles entre les cellules de l'épiderme.

La 2e figure, au milieu de la planche, représente le tissu léger qui contenait, dans ses petites cellules, toutes les parties calcaires : celles-ci, ayant été dissoutes par un acide faible, ne cachent plus la partie renflée du pédicelle, qui était engagée dans la concrétion.

La 3e figure, à droite de la planche, indique le phénomène curieux

[1] Voir la 1re série, page 210, et planches I, II, etc. 2e série, pages 250 et 454.

qui se passe sous le microscope lorsque après avoir dissous, par un acide faible, la concrétion calcaire, on fait intervenir, 1° une solution aqueuse, alcoolisée d'iode, et 2° l'acide sulfurique concentré. Celui-ci désagrége la cellulose, et, à l'instant où cette désagrégation arrive au terme représentant les groupes de particules amilacées, l'effet de teinture en bleu violet se manifeste sous l'influence de l'iode; le même réactif, dans ces circonstances, colorant en jaune orangé les corpuscules azotés, on voit ceux-ci se dessiner nettement autour des membranes bleuies et du pédicelle qui maintenaient la concrétion.

A la partie supérieure de la feuille, la coupe de la cuticule tranche, par sa coloration orangée, les nuances violettes de la cellulose sous-jacente.

PLANCHE III.

CONCRÉTIONS MINÉRALES DES *JUGLANS REGIA*, *PARIETARIA OFFICINALIS*, *URTICA NIVÆA*, *MORUS NIGRA*, *FICUS RECLINATA*, *CITRUS*, *LIMONIA*.

La figure 1re représente une agglomération de cristaux rhomboëdriques d'oxalate de chaux, dans une cellule agrandie d'une feuille de *Juglans regia*.

En *a* on voit l'épiderme recouvert de sa cuticule; en *b*, la rangée de cellules sous-jacentes; en *c*, les membranes enveloppant les cristaux qui forment la concrétion.

La figure 2 indique les débris du tissu organique qui enveloppait les cristaux, et qui ont résisté à l'acide azotique employé pour dissoudre la concrétion minérale.

La figure 3 montre une autre concrétion observée dans la même feuille et offrant beaucoup d'analogie avec la première : *a* désigne l'épiderme et sa cuticule; *b*, la rangée de cellules sous-jacentes; *c*, les cellules du parenchyme vert dans lequel la cellule spéciale a été agrandie, pour contenir les cristaux d'oxalate calcaire enveloppés dans le tissu organique.

La figure 4 représente une des volumineuses concrétions mamelonnées des feuilles de pariétaire. Cette concrétion, composée de carbonate de chaux, est sécrétée dans un tissu léger, maintenu par un pédicelle *c*,

adhérent à l'épiderme. La cellule spéciale développée sous l'épiderme *a* offre des dimensions considérables comparativement avec les cellules *b* de la même rangée, mais évidemment en rapport avec le volume de la concrétion.

La figure 4 *bis*, tracée suivant une échelle de moitié moindre, indique la disposition de la cellule au milieu de laquelle est implanté le pédicelle, soutien de la concrétion.

La figure 4 *ter* montre la concrétion cassée en deux, laissant discerner sa structure interne, c'est-à-dire la disposition en couches concentriques du carbonate de chaux dans chacune des vacuoles du tissu spécial.

Fig. 5. Concrétion de carbonate calcaire observée dans une feuille d'*Urtica nivæa*.

Fig. 5 *bis*. La même concrétion, vue après la réaction d'un acide faible qui, ayant fait disparaître toute la substance minérale, laisse voir le tissu spécial et son pédicelle.

Fig. 6. Concrétion calcaire observée dans une feuille du *Morus nigra*, portée par un fort pédicelle au milieu d'une très-grande cellule.

Fig. 7. Concrétion de la face supérieure d'une feuille de *Ficus reclinata*, vue après la dissolution du carbonate de chaux.

Fig. 8 et 8 *bis*. Gros pédicelles, disposés sur l'épiderme de la face inférieure de la même feuille pour recevoir des concrétions de carbonate de chaux.

Fig. 9. Cristal rhomboëdrique tel qu'on en voit un grand nombre dans les coupes des feuilles de *Citrus*. Il est contenu dans un tissu léger, enveloppé lui-même par une cellule agrandie.

Fig. 10. Coupe d'une feuille de *Limonia*, sur laquelle la solution d'iode a coloré directement la cuticule de l'épiderme *a* en jaune orangé, laissant incolore la rangée de cellules sous-jacentes *b;* un gros cristal polyédrique irrégulier se montre dans une grande cellule, enveloppé par un léger tissu que l'iode a teint en jaune fauve. Le même réactif a teint en bleu quelques cellules et des enveloppes de granules verts, formées par une trame de cellulose peu agrégée.

Fig. 11. Concrétion muriforme d'oxalate de chaux, telle qu'on en rencontre en grand nombre autour des vaisseaux des nervures des feuilles.

Fig. 11 *bis*. La même concrétion, laissant son tissu spécial, après la réaction de l'acide azotique *a*, *o*, *i*.

PLANCHE IV.

CONCRÉTIONS DES FEUILLES DES *CONOCEPHALUS NAUCLEIFLORUS*, *BROUSSONETIA PAPYRIFERA*, *HUMULUS LUPULUS*, *ARUM COLOCASIA*, *FICUS MONTANA*, *F. FERRUGINEA*, *F. CARICA* ET *F. LAURIFOLIA*.

Fig. 1. Concrétion couchée, irrégulière, mamelonnée des feuilles du *Conocephalus naucleiflorus* : *a*, épiderme; *b*, rangée de cellules, dont faisait partie la cellule agrandie pour contenir la concrétion.

Fig. 1 *bis*. La même concrétion, graduellement attaquée par l'acide chlorhydrique étendu de 100 parties d'eau. On voit la substance minérale, réduite de volume dans toutes ses dimensions, laissant déborder autour d'elle le tissu spécial en partie vidé.

Fig. 2 et 2 *bis*. Trois degrés de développement des poils d'une feuille de *Broussonetia papyrifera* : dans le premier, en *c*, on remarque un pédicelle latéralement implanté sur la paroi interne du poil, et déjà entouré des premiers rudiments du tissu destiné à loger les particules calcaires; dans le deuxième, en *c'*, on voit le même tissu considérablement développé et soutenu par un plus gros pédicelle; dans la base agrandie du même poil, en *c''*, fig. 2 *bis*, toutes les dimensions des mêmes parties se sont accrues, et la concrétion de carbonate de chaux, introduite dans toutes les loges du tissu léger, fait voir la dernière rangée des petites cellules remplies et offrant l'apparence de mamelons arrondis.

Fig. 3. Concrétion pédicellée de carbonate de chaux dans un poil d'une feuille de Houblon (*Humulus lupulus*).

Fig. 4. Cellule d'*Arum colocasia*, remplie de raphides enveloppées d'un tissu azoté colorable en orangé fauve par l'iode.

Fig. 5. Raphides isolées d'*Arum colocasia*.

Fig. 5 *bis*. Les mêmes, en partie désagrégées par l'acide azotique étendu de 10 parties d'eau.

Fig. 6. Concrétion calcaire, pédicellée, sous un poil d'une feuille de *Ficus montana*.

Fig. 7. Coupe d'une feuille de *Ficus ferruginea*, où se trouve une cellule de grande dimension, disposée pour recevoir une concrétion calcaire. Déjà, dans la dépression de l'épiderme *a*, au point *b* de jonction avec la deuxième rangée de cellules et la cellule agrandie, on

remarque l'insertion du pédicelle *c*, destiné à suspendre la concrétion ; on voit de plus, en *c'*, les premiers développements du tissu spécial qui doit, plus tard, contenir le carbonate de chaux. Sur la gauche de cette figure, en *c''*, *c'''* et *c''''*, on a dessiné des pédicelles observés dans la même feuille, et dont le bout est enveloppé d'un tissu propre aux concrétions, plus développé qu'en *c'*, mais non encore rempli de carbonate calcaire. Autour de tous ces tissus on remarque des corps granuleux azotés.

Fig. 8 et 9. Deux des concrétions complétement incrustées d'une feuille plus âgée du même figuier.

Fig. 10. Concrétion de la figure 9, vue au moment où, sous le microscope, l'acide chlorhydrique très-faible commence à dissoudre le carbonate et dégager le tissu organique.

Fig. 11. La même, entièrement privée de l'incrustation calcaire, laissant apercevoir la partie du pédicelle engagée dans le tissu propre de la concrétion.

Fig. 12. Concrétion globuleuse, adhérente, par son pédicelle, à la face inférieure d'une feuille de *Ficus carica*.

Fig. 12 *bis*. La même concrétion privée de tout son carbonate de chaux par l'acide chlorhydrique faible, qui a dégagé le tissu spécial et laissé voir, par transparence, le bout renflé du pédicelle.

Fig. 12 *ter*. La même encore, subissant les réactions combinées de l'iode et de l'acide sulfurique qui manifestent, par une coloration bleu-violet la présence de la cellulose presque pure, et par une coloration jaune-orangé, les granules azotés et la cuticule épidermique.

Fig. 13. Concrétion calcaire, à l'état normal, d'une feuille de *Ficus laurifolia*.

Fig. 14. La même, privée, par un acide affaibli, du carbonate de chaux, laissant discerner le pédicelle entier, par transparence, au travers du tissu spécial.

PLANCHE V.

CRISTAUX ET CONCRÉTIONS MINÉRALES DES AURANTIACÉES, DES JUGLANDÉES, DE PLUSIEURS *CACTUS*, DU *MESEMBRIANTHEMUM CRISTALLINUM*, DU *FICUS ELASTICA* ET DU *FICUS BENGHALENSIS*.

Fig. 1 *a* et fig. 2. Cristaux rhomboëdriques d'oxalate de chaux, tels

qu'on en trouve dans les feuilles des aurantiacées et des juglandées, et de beaucoup d'autres plantes où ils se rencontrent généralement plus petits.

Fig. 1 *a'* et fig. 2 *bis*. Les mêmes cristaux, attaqués par l'acide azotique à 0,1, montrant encore des fragments arrondis d'oxalate enveloppés d'un tissu spécial.

Fig. 2 *ter*. Tissu spécial isolé par suite de la dissolution complète de l'oxalate de chaux du cristal (fig. 2); ce très-léger tissu est jauni et contracté par l'iode.

Fig. 3. Cristaux d'oxalate de chaux observés dans les racines et feuilles des betteraves et représentés, les trois premiers, à l'état normal, les trois suivants, attaqués par l'acide azotique et laissant voir leur tissu organique.

Fig. 4. Concrétion de cristaux aigus irradiés, comme on en trouve un grand nombre dans les *Cactus opuntia*, *Ficus indica*, *tuna*, *brasiliensis*, *ferox*, *microdasys*, *etc.*

Fig. 4 *bis*. Partie d'une semblable concrétion vue sous un très-fort grossissement. Tous ces cristaux sont formés d'oxalate calcaire.

Fig. 5. Concrétion de cristaux prismatiques, tels qu'on les rencontre dans les *Cereus peruvianus*, *cetaceus*, *nycticalius; Cactus obtusus*, *triangularis*, *etc.*

Fig. 5 *bis*. Partie d'une concrétion semblable, observée sous un très-fort grossissement, également composée d'oxalate de chaux.

Fig. 6. Prisme isolé des *Cactus* désignés ci-dessus (fig. 5).

Fig. 6 *bis*. Le même, attaqué par l'acide azotique et laissant voir la substance organique entre les fragments cristallins arrondis [1].

Fig. 7. De *d* en *d'*, une des concrétions normales ayant la forme de sphéroïdes, observées sous la première rangée des cellules épidermiques du *Cactus glaucescens*, où elles constituent une couche presque continue; de *d'* en *d''*, on remarque les effets des réactions combinées de l'iode et de l'acide sulfurique, qui (après la dissolution de l'oxalate par l'acide azotique) colorent en fauve jaunâtre le tissu propre de la concrétion; en jaune orangé foncé, la cuticule épidermique et les corps azotées contenus dans toutes les cellules épidermiques et même dans leurs pertuis ou canalicules; en bleu violet,

[1] Les cristaux à lames aiguës et les prismes se rencontrent simultanément dans les *Rhipsalis*.

toute l'épaisseur des parois des cellules situées sous la cuticule dans la profondeur des couches épidermiques superposées.

Fig. 8. Vue par réflexion (comme corps opaque) d'une coupe de feuille de *Ficus elastica*, montrant la concrétion calcaire pédicellée dans la cellule agrandie au milieu des tissus et parenchyme de cette feuille.

Fig. 9. Concrétion de carbonate de chaux commençant à se dissoudre dans un acide affaibli, observée en cet état dans une feuille de *Ficus benghalensis*. Le tissu spécial se montre alors débordant la concrétion et conservant les formes mamelonnées : *a*, cellules de l'épiderme sous la cuticule; *b*, grande cellule contenant la concrétion.

Fig. 10. Une des concrétions des feuilles du *Ficus benghalensis* montrant son pédicelle entier au travers des membranes du tissu léger devenues transparentes par suite de la dissolution du carbonate de chaux : *b*, pédicelle terminé par un triple renflement; *b'*, *b''* et *b'''*, trois variétés de forme observées dans les pédicelles débarrassés des concrétions et du tissu qui enveloppaient leur partie inférieure toujours renflée.

PLANCHE VI.

INCRUSTATIONS, CRISTAUX, SÉCRÉTIONS HUILEUSES ET CONCRÉTIONS DANS LES FEUILLES.

Fig. 1. Tissus autour des vaisseaux des nervures de diverses feuilles, les cellules allongées s'y montrent agglutinées par des pectates calcaires et alcalins contenant des traces de carbonate, de sorte que les acides qui désagrégent (l'acide sulfurique à deux équivalents d'eau par exemple) et pénètrent dans les méats intercellulaires, attaquent ces substances interposées et donnent naissance à un dégagement gazéiforme qui se manifeste, comme on le voit, fig. 1 *bis*, en gonflant les intervalles, y produisant les effets de réfraction des gaz dans les liquides, et sortant parfois par des pertuis vers l'extrémité des cellules dans lesquelles les gaz forment des bulles, comme la figure l'indique.

Fig. 2. Cellule d'une feuille d'*Oxalis acetosa* où se rencontrent en *b'* deux cristaux octaédriques d'oxalate de chaux enveloppés dans un tissu léger. En *b*, on a figuré des cristaux semblables plus petits, dont on

remarquera quatre assemblés en croix; *a*, trachée coupée en deux.

Fig. 3. Coupe d'une feuille de *Begonia undulata* : *a*, épiderme recouvert de sa cuticule; *b*, grandes cellules; *b'*, cellules longues, abondantes en granules verts; *c*, rangées de cellules spéciales contenant de volumineuses concrétions de cristaux d'oxalate calcaire agglomérés en sphéroïdes et enveloppés dans un tissu organique; *d*, cellules sous-jacentes plus rapprochées de la face inférieure de la feuille.

Fig. 4. Coupe d'une feuille de *Piper colubrinum*: on y remarque une sécrétion globuliforme de substance huileuse contenue dans un tissu organique épais.

Fig. 5. Sécrétion semblable plus récemment formée, plus translucide, laissant voir un tissu membraneux qui l'enveloppe.

Fig. 6. La première sécrétion extraite du tissu déchiré; fig. 6 *bis* et 6 *ter*, sécrétions attaquées et teintes en rouge par la réaction de l'acide sulfurique.

On voit au-dessous de la fig. 5 deux rangées de cellules sous l'épiderme de la face inférieure de la même feuille, qui contiennent des sécrétions huileuses analogues aux précédentes, mais d'un moindre volume.

Fig. 7. Coupe prise dans une feuille de *Ficus Neumani*, montrant une concrétion calcaire dans une grande cellule sous l'épiderme.

Fig. 7 *bis*. La même concrétion, vue plus amplifiée, après la réaction d'un acide qui, ayant dissous le carbonate de chaux, laisse voir le pédicelle entier ainsi que le tissu vide.

Fig. 8. Pédicelles *c*, *c'*, observés plus jeunes dans une feuille du même *Ficus*. On voit que le tissu propre aux concrétions commence à entourer le bout renflé de ces appendices.

Fig. 9. *d*, pédicelle plus récemment formé encore et entièrement nu; *d'*, le même commençant à se désagréger et bleuir sous les influences combinées de l'acide sulfurique et de l'iode.

Fig. 10. Portion d'une coupe de feuille de *Ficus nymphæifolia*, montrant un pédicelle à bout bifurqué, perdant par un effet d'endosmose son tissu léger et récemment formé, au moment où l'eau en excès est introduite sur le porte-objet du microscope.

Fig. 11. Deux concrétions du même figuier montrant des variétés d'insertion du pédicelle sur l'épiderme et sous la cuticule épidermique.

Fig. 12. Vue de la concrétion (immédiatement au-dessus) à l'instant

où le suc acide de la feuille elle-même attaque le carbonate calcaire, gonfle le tissu léger qui se détache vers la base du pédicelle.

Fig. 12 *bis*. Pédicelle extrait de la concrétion (fig. 11).

Fig. 12 *ter*. Le même, soumis à la réaction de l'iode, puis de l'acide sulfurique, qui désagrégent et bleuissent sa substance, caractérisant ainsi la cellulose dont il est formé.

PLANCHE VII.

CRISTAUX ET INCRUSTATIONS DES FEUILLES, CELLULES ET TIGES; SQUELETTES CALCAIRES ET SILICEUX APRÈS L'INCINÉRATION.

Fig. 1. Biforine, ou cellule spéciale isolée, comme on en rencontre beaucoup dans le parenchyme des feuilles des aroïdées, souvent engagées dans les parois des lacunes des pétioles et lançant, dans ces sortes de conduits, de nombreux cristaux aiguillés (raphides). La biforine est en partie remplie de granules azotés; elle contient un faisceau de nombreuses aiguilles cristallines enfermées dans une sorte de sac, s'ouvrant de temps à autre, en même temps que l'embouchure de la biforine; alors les aiguilles d'oxalate de chaux sont poussées isolément ou par petites gerbes, des granules azotés les accompagnent; et si, comme le montre le dessin, un acide introduit alors attaque et dissout l'oxalate, les matières organiques subsistent, et, surtout après la dessiccation, on les voit contournées et vides de particules cristallines.

Fig. 2. Section, par un plan perpendiculaire à l'axe, d'une tige de *Chara hispida*. On voit les cellules corticales *a*, ainsi que le gros tube central *b*, tapissés à l'intérieur de granules verts, riches en substance organique azotée, tandis que les parois extérieures sont incrustées de carbonate de chaux.

Fig. 3. Indiquant, sur le gros tube dépouillé des cellules enveloppantes, la disposition en hélices des incrustations, suivant les mêmes directions que les longues cellules corticales. Les incrustations sont d'autant plus abondantes que les parties de la plante sont plus âgées.

Fig. 4. Vue d'une partie de la même section très-amplifiée : *a*, incrustations calcaires autour des cellules; *b*, intérieur du gros tube; *c*, épaisseur des parois des cellules corticales, à l'intérieur desquelles

sont adhérents des granules verts; *d*, épaisseur des parois du gros tube. Vers l'angle opposé de la même planche, on voit, sous un égal grossissement, deux portions de cellules dont les incrustations, extraites par un acide très-faible, ont laissé leur tissu sécréteur encore adhérent.

Fig. 5. Squelette résidu de l'incinération d'une coupe de feuille de *Ficus elastica* : l'épiderme et sa cuticule abondants en silice, les tissus sous-jacents, transformés en carbonates de chaux, potasse et soude; la concrétion calcaire.

Fig. 6. Concrétion également incinérée du *Ficus carica;* ces deux objets vus par réflexion.

Fig. 5 *bis*. Concrétion de la figure 5 vue par transmission et rendue opaque par l'air et les gaz interposés durant la calcination.

Fig. 5 *ter* et 5 *quater*. Fragments de concrétions calcinées du *Ficus elastica*, vues, par transparence, après la dissolution du carbonate de chaux qui a laissé un réseau siliceux très-léger, reproduisant toutefois les linéaments du tissu organique.

Fig. 7. Poil d'une feuille de *Ficus carica* vu après incinération et lavage par un acide qui ont laissé un squelette siliceux assez épais, comme cela se remarque pour toute la membrane périphérique des feuilles.

Fig. 8. Cellule remplie de raphides calcinés, dont l'oxalate est transformé en carbonate.

Fig. 8 *bis*. La même, après dissolution du carbonate, qui laisse un léger réseau de silice.

Fig. 9. Fragment de coupe d'*Equisetum* incinéré, dont les couches épidermiques sont abondantes en silice, et les cellules internes en carbonates produits par la combustion des pectates et pectinates.

PLANCHE VIII.

FORMATION, DÉVELOPPEMENT ET OBLITÉRATION DES STOMATES, TISSU DES RADICELLES, CRISTAUX DU *PANDANUS*.

Fig. *a*—*h*''. Développements des stomates sur une feuille de jacinthe.

a. Cellules épidermiques d'une tranche parallèle à la face inférieure observées dans la portion de la feuille engagée dans le bulbe, blanche et encore dépourvue de stomates.

b. Cellules semblables observées dans la partie blanche, à peine verdâtre hors du bulbe. On voit que les bouts de deux des cellules, repoussés par des corpuscules azotés, laissent entre eux un espace arrondi. En *c*, on remarque un espace semblable agrandi, et l'effet de l'iode, indiqué jusqu'à une ligne de démarcation arbitrairement tirée au milieu de cet espace, indique, par la coloration orangée, la nature des corpuscules azotés.

d. Cette figure montre les progrès de la formation du stomate sur une partie un peu plus verte de la feuille; une cellule courte est alors interposée entre les cellules longues; elle contient un grand nombre de corpuscules azotés.

e. Figure dessinée d'après l'observation faite sur une partie plus élevée et plus verte de la même feuille; on y remarque l'accroissement de la cellule interposée; sa division en deux capacités remplies des corpuscules à composition quaternaire.

f. Un peu plus haut encore, les deux capacités ont acquis des parois propres, et constituent ainsi deux utricules cylindroïdes adhérentes à leurs extrémités, écartées au milieu, laissant ainsi entre elles une ouverture elliptique doublée par une sorte de margelle.

g. Sur une partie plus verte de la même feuille bien développée, les deux utricules arquées du stomate laissent entre elles une plus grande ouverture, que l'on voit aussi sur les deux autres coupes en *g'* et *g''*, et qui paraît se rétrécir en entonnoir par plusieurs retraites: c'est ce dont on juge mieux en examinant à côté, à droite, une figure *h* (on a, par erreur, mis la lettre *b*, mais le sens ci-après indiqué de la coupe ne permet pas de s'y tromper). Cette figure représente la coupe par un plan perpendiculaire à la superficie de la feuille et à la ligne qui joindrait les deux soudures des utricules courbées. On y remarque, 1° les deux rétrécissements successifs de l'ouverture; 2° la cuticule formant doublure et pénétrant dans toute la profondeur de la cavité du stomate jusqu'à la chambre à air; 3° la cuticule donnant l'apparence de margelle dans les coupes parallèlles à la face.

h'. Même coupe du stomate, sur laquelle l'addition de l'iode et de l'acide sulfurique caractérisent, 1° par une coloration orangée, la cuticule et la doublure qu'elle forme en pénétrant dans l'ouverture du stomate; 2° la cellulose des cellules épidermiques, par un gonfle-

ment considérable qui les exfolie et les fait teindre en violet intense.

h''. Coupe perpendiculaire à la précédente et à la face de la feuille, montrant dans le sens de leur longueur les cellules épidermiques soudées au stomate, et la chambre pneumatique au-dessous, entourée de cellules vertes.

i. Coupe parallèle à la face d'une feuille jeune bien développée et verte de dahlia, montrant les cellules épidermiques et un stomate dont l'ouverture est doublée par la cuticule.

j. Même coupe, sur laquelle l'iode a coloré en jaune-orangé les corpuscules azotés des stomates, ainsi que les substances organiques analogues dans les cellules épidermiques.

k. Stomate observé sur une feuille de dahlia prenant la teinte rougeâtre des feuilles automnales; l'addition de l'iode a teint en jaune-orangé les corpuscules azotés et la membrane qui oblitère en grande partie l'ouverture.

k'. Stomate de la même feuille sur le bord d'une coupe; *k''* moitié de stomate vue également sur le bord d'une coupe.

l. Stomate sur une coupe parallèle au limbe, et dont la doublure interne se sépare sous l'influence de l'acide sulfurique.

m. Le même, observé lorsque la réaction de l'acide a presque tout désagrégé, sauf la margelle interne, qui résiste toujours en effet davantage.

o. Coupe parallèle au limbe d'une feuille nouvellement développée de *Phalaris arundinacea picta*, montrant les dispositions du stomate.

o'. Coupe perpendiculaire au limbe, en passant près de la ligne des soudures des utricules du stomate de la même feuille.

o''. Stomate d'une feuille plus âgée, presque complétement oblitéré par le rapprochement des deux utricules.

p. Stomate oblitéré d'une feuille décrépitante d'*Aucuba japonica*.

p'. Le même, sous l'influence de l'iode, montrant les parties les plus azotées teintes en jaune-orangé, ainsi que les bourrelets que forme la cuticule épidermique de chaque côté de la ligne de jonction des cellules.

q. Épiderme d'une feuille de *Podocarpus macrophyllus:* une moitié de cette coupe indique les effets de l'iode sur la cuticule et les membranes qui oblitèrent le stomate.

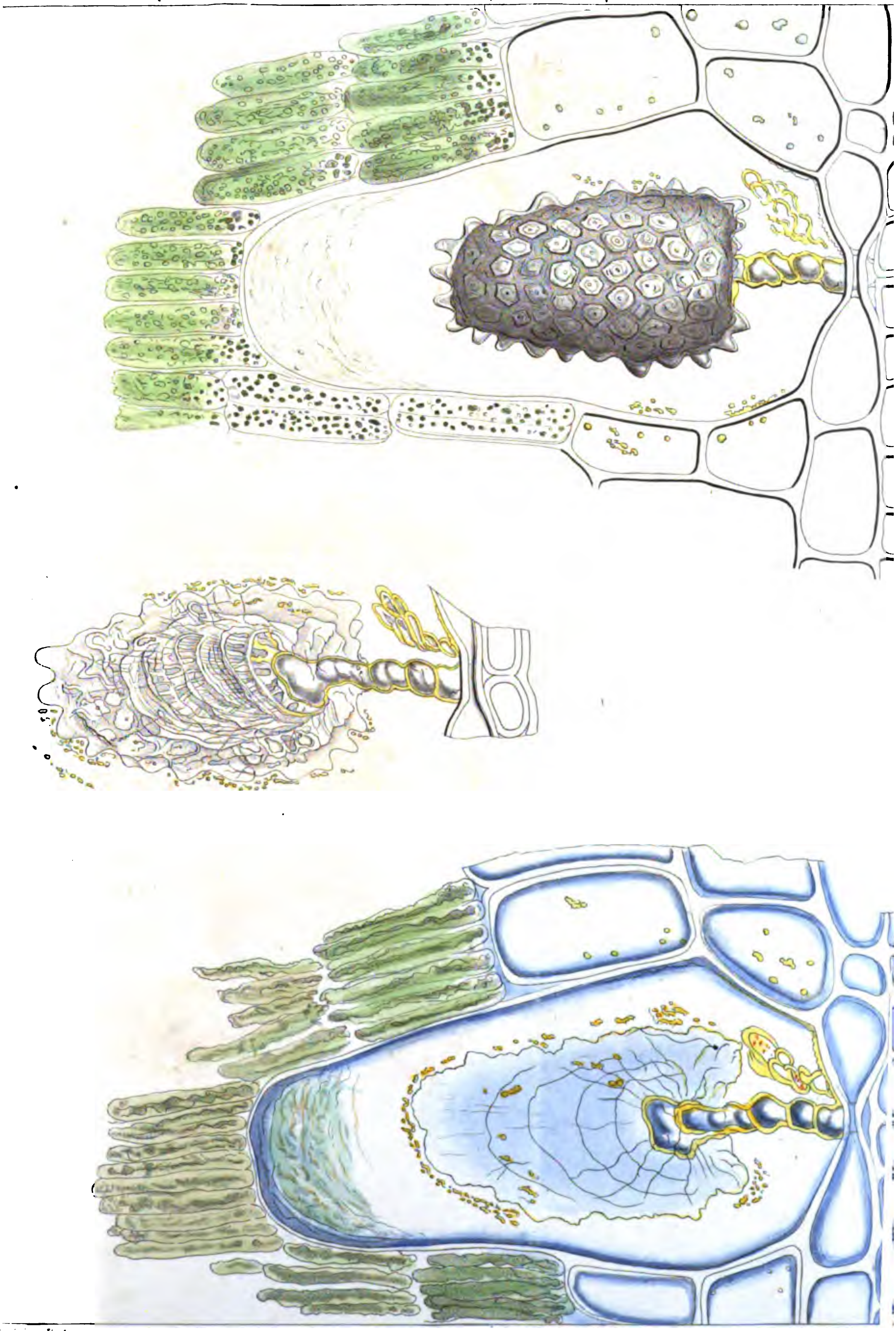
r. Cellules normales des spongioles de jacinthe.

r'. Cellules contiguës dont l'abondante substance azotée se contracte et jaunit par l'iode.

r''. Deux rangées des cellules disloquées par la réaction de l'acide sulfurique et dont les parois, formées de cellulose, bleuissent en se gonflant, tandis que la substance interne reste jaune et contractée.

r'''. Cellules plus longues observées dans la même radicelle au-dessus de la spongiole subissant les mêmes réactions de l'iode et de l'acide sulfurique.

s. Cristaux cubiques d'oxalate de chaux renfermés dans des gaînes à loges au milieu du tissu du *Pandanus* ; *s'*, *s''*, action de l'iode ; *s''*, *s'''*, réaction de l'iode en présence de l'acide sulfurique.

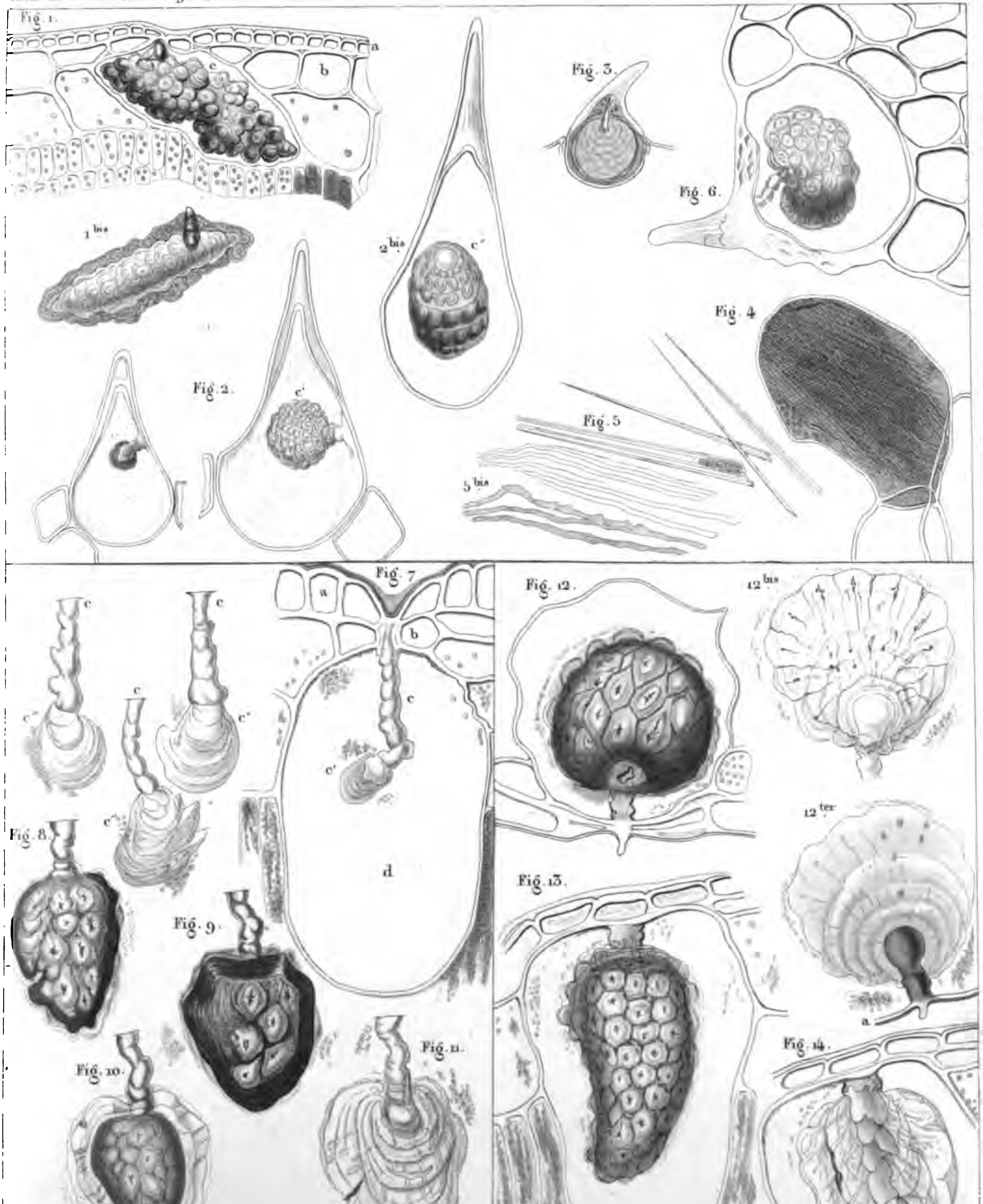


Dessiné par l'auteur.

Concrétions du Ficus elastica.

Dessiné par l'auteur. Berruguier sc.

Concrétions: Juglans regia, Parietaria off., Urtica nivea Morus nigra, Ficus reclinata, Citrus limonia.

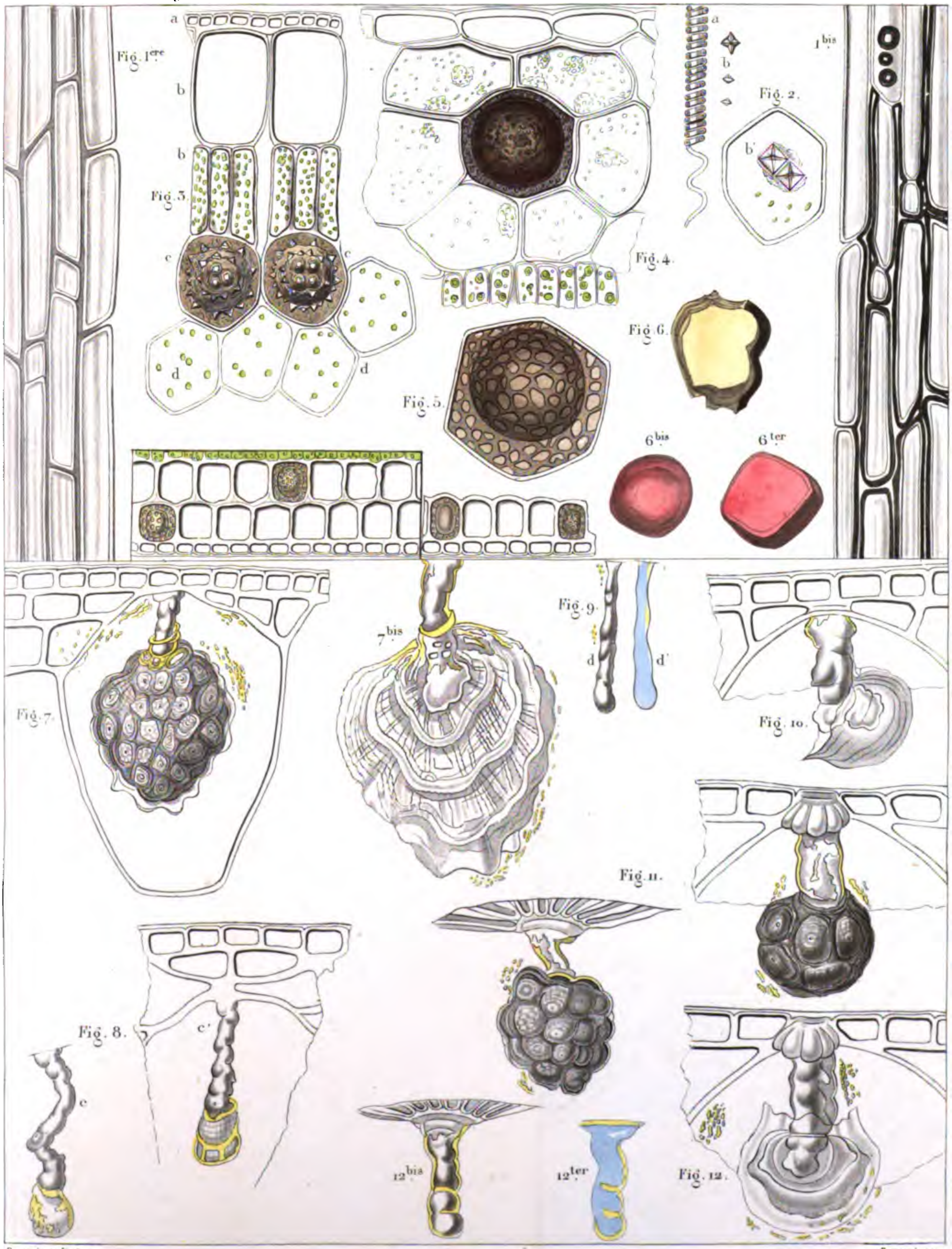


Dessiné par l'auteur. Berrenie sc.

Concrétions des feuilles: Conocephalus naucleiflorus, Broussonetia papy., Humulus lup., Arum Col.
Ficus montana, F. ferruginea, F. carica, F. laurifolia.

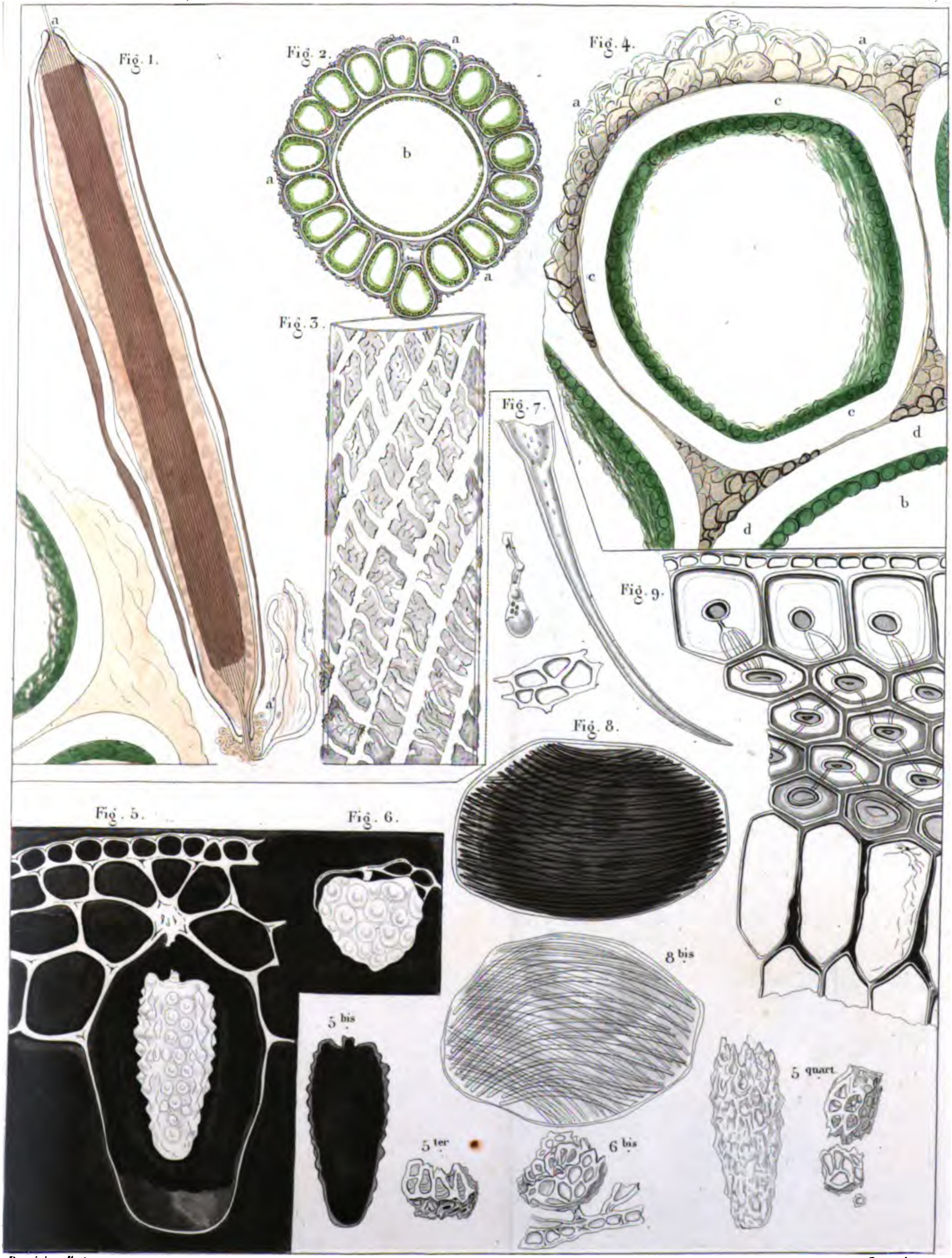
Imprimé par l'auteur. Bonnemaison

Cristaux et Concrétions dans les tiges et feuilles.



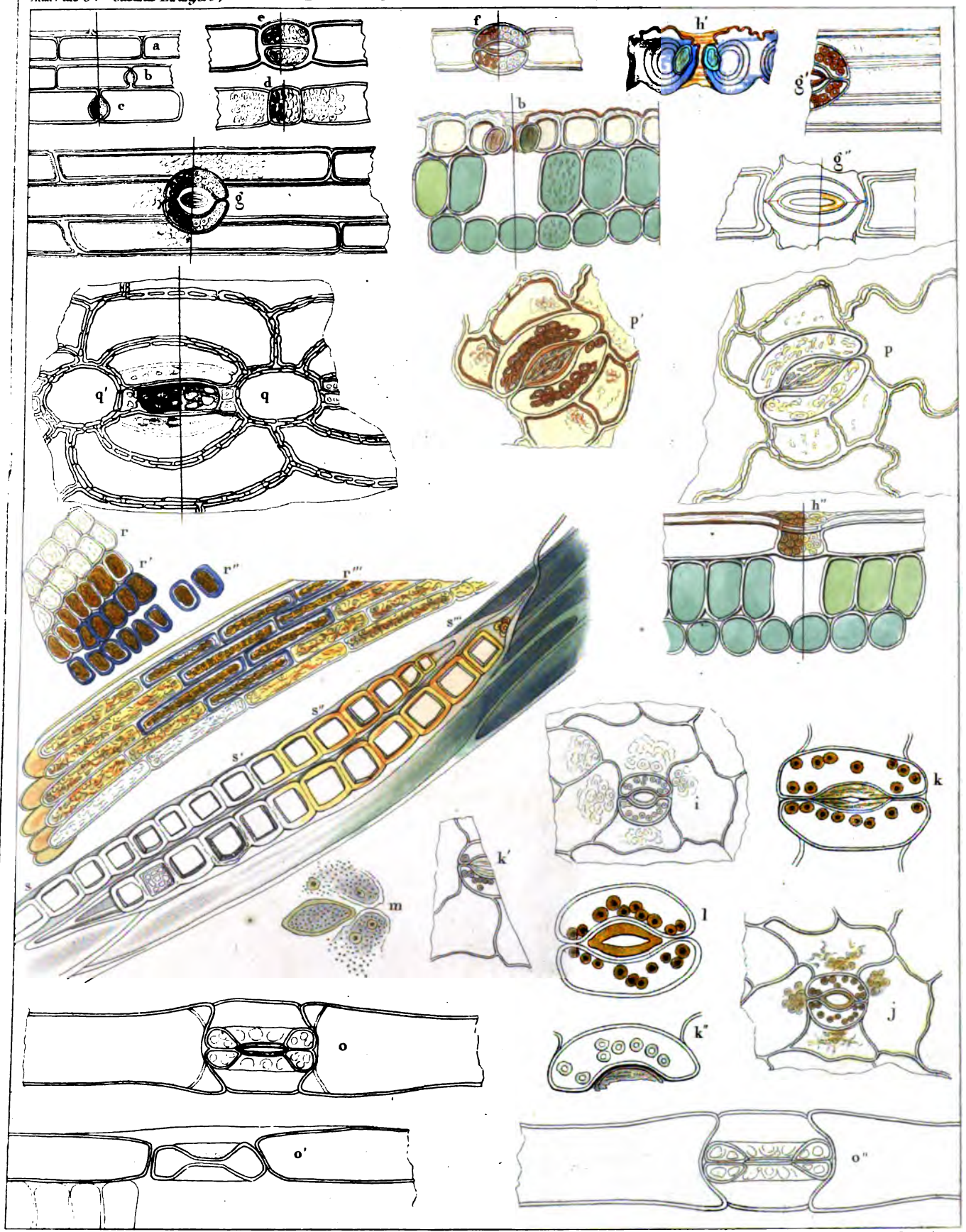
Dessiné par l'auteur. Borromée sc.

Incrustations, Cristaux, Sécretions huileuses et Concrétions dans les feuilles.



Dessiné par l'auteur. Borromée sc.

* Cristaux, Concrétions, Incrustations dans les feuilles et les tiges.



Formation et développement des Stomates, tissu des radicelles, cristaux du Pandanus.

RÉPERTOIRE

DES PRINCIPAUX SUJETS

CONTENUS DANS LES SEPT MÉMOIRES SUR LES DÉVELOPPEMENTS DES VÉGÉTAUX,

ET DES DEUX SÉRIES DE PLANCHES DE CE RECUEIL.

PREMIER MÉMOIRE. — PREMIÈRE PARTIE.

Pages.

COMPOSITION DES RADICELLES ET ACTION DU TANIN, DE LA SOUDE, ETC. . . . 1

Graminées, 0,001 de tanin arrête tous les développements, brunit les fibrilles radicellaires; Ébénier, Sycomore, Sureau 3

Papavéracées, Crucifères 5

Linées, Urticées, Synanthérées, Malvacées, Géranicées, Polygonées, Convolvulacées, Cucurbitacées, Solanées, Asparaginées 6

Spongioles, fibrilles radicellaires, rapprochement entre l'aliment par engrais azoté, l'action du tanin et la composition chimique des spongioles 7

Circonstances naturelles qui abritent les radicelles de l'action des solutions délétères et de leurs propres produits, extraits des racines par macération . . . 8

Corps azotés des spongioles résistant à l'eau; effets et composition semblables dans les racines au-dessus du sol et aériennes : Palmiers, Piperacées, Vitifères, Orchidées, Aroïdées 9

Dispositions des substances azotées dans les spongioles 11

Réaction du protonitrate de mercure sur les radicelles 12

Élimination de la substance azotée, laissant les cellules vides et les spongioles inertes 13

Liquide extrait de l'organisme vasculaire des plantes; conclusion sur l'action du tanin, de l'azotate de mercure, et les produis de la calcination des spongioles 15

Distribution des substances azotées; distinction entre elles et les tissus végétaux; ses relations avec la nutrition des plantes 16

DEUXIÈME PARTIE.

RÔLE DES SUBSTANCES ORGANIQUES AZOTÉES, COMPOSITION DES JEUNES ORGANES DES VÉGÉTAUX 17

Bourgeons à feuilles : organes de la floraison et de la fructification 19

Pages.

Composition chimique des organismes végétaux : étamines, stigmates, ovules, enveloppes du blé 20
Orge, Maïs, Riz ; solution à froid, extraite des périspermes 21
Avoine, Seigle : radicelles, gemmules 22
Légumineuses (*Phaseolus vulgaris* et *Phaseolus caracolla*) 23
Faînes, Baguenaudier, Cascaloté, faux Ébénier, Solanées, Pomme de terre : étamines, stigmates, ovaires 24
Tabac (*Nicot. Tabacum*), Malvacées, Cucurbitacées 25
Nyctaginées, Crucifères 26
Synanthérées 27
Chenopodées, Liliacées, Amaryllidées, Renonculacées 28
Thymélées, Asparaginées, Polygonées, Papavéracées 29
Iridées, Boraginées, Géraniacées, Orantiacées 30
Magnoliacées, Urticées, Tiliacées, Acérinées 31
Jasminées, Bytnériacées, Térébenthacées 32
Ribesiées, Rosacées 33
Ampélidées, Cupulifères 35
Composition azotée en rapport avec la jeunesse des organes 36
Tissu très-jeune gélatiniforme du Concombre, séve de Sureau 38
Sèves : Chênes, Mûrier noir, Figuier, Tilleul (matière azotée) 39
Érable, Peuplier, Noyer, *Aylanthus glandulosa*, Pêcher, Prunier 40
Vigne. Substance azotée, indépendante des cellules 41
Germination avec perte de substance azotée 42
Proportions et nature des engrais dépendants de la composition des plantes et des débris des récoltes précédentes ; principes théoriques sur la conservation des bois 43
Tableau des analyses élémentaires des organismes végétaux, indiquant l'azote et les corps azotés 44
Conclusions : Tanin, corps azotés, leur rôle, dosage des engrais, principe azoté.
Causes des altérations des bois, théorie sur les agents de leur conservation, distinction entre les cellules et les corps azotés 46

DEUXIÈME MÉMOIRE.

Amidon, dextrine, glucose, diastase, inuline, etc. 47
Amidon ; historique 48
Résumé des propriétés chimiques de l'amidon 54
Dimensions, formes, structure 57
Tableau des dimensions des diverses fécules amilacées 58
Formes des fécules des pommes de terre, de Colombo 61
Formes *idem* des *Canna gigantea* et *Canna discolor* 62
Formes *idem* du *Chara*, Lis 63
Formes *idem* de l'*Oxalis crenata*, *Echinocactus erinaceus* 64

Pages.
Formes des fécules du Sagouier 65
Formes *idem* des Fèves 66
Formes *idem* des Pois, Blés durs, tendres 67
Formes *idem* des Batates 68
Formes *idem* de l'*Orchis* (Salep), Jacinthe 69
Formes *idem* du Maïs, Sorgho 70
Formes *idem* du *Cactus Peruvianus*, *Naïas major* 71
Formes *idem* du *Cactus pereskia grandiflora*, *Aponogetum distachyum*, *Gincko biloba* 72
Formes des fécules du *Cactus brasiliensis*, *Panicum italicum*, *pollen Globba nutans*. 73
Formes *idem* du *Cactus flagelliformis*, *pollen Ruppia maritima*, *Cactus opuntia tuna*, *Cactus opontia tuna currassavica* 74
Panicum miliaceum, *Cactus mamillaria discolor* 75
Aylanthus glandulosa, *Cactus serpentinus*, Panais 75
Pollen Naïas major, *Cactus monstruosus*, graine de Betterave, graine *de Chenopodium quinoa* 76
ANATOMIE DE L'AMIDON. Rupture des fécules 77
Gonflement de l'intérieur des fragments par la soude 79
Amidon désagrégé réuni en sphérules. Composition du pollen du *Chara* 80
Évasement du *hile*; couches concentriques 81
Dissolution de la couche externe; exfoliation des grains d'amidon 83
EXAMEN CHIMIQUE DE L'AMIDON 87
Tableau des différents termes d'hydratation; fécule verte, sèche, anhydre 91
Effets de la température : solubilité graduée, 1^er^ mode de transformation en dextrine 92
Liquéfaction en vase clos à 200° 94
Action simultanée de l'eau et de la température 95
Rupture et dissolubilité à froid 97
Contraction par le froid; contraction par le rapprochement dans le vide 98
Séparation de l'amidon dissous en infiltrant le liquide dans les radicelles; divers effets et mesure du gonflement par les solutions alcalines caustiques. 99
Cohésions différentes des amidons de différents âges, démontrées par des solutions alcalines 102
Théorie de la formation de l'empois 103
Empois en mucilage à 140° 104
ACTION DE L'IODE 105
Pénétration de l'iode dans les grains d'amidon 106
Décoloration par couches; nuances bleues, violettes, rouges, indiquant les degrés d'agrégation 107
Action de la lumière sur l'iodure d'amidon 108
Action de la température; phénomènes de décoloration et de coloration 189
Opacité de l'iodure d'amidon, séparation par l'ichthyocolle 110
Contraction et précipitation par les acides, sels, le refroidissement à 0 111

Pages
Iodure d'amidon, invisible directement 114
Composition de l'iodure d'amidon 115
Résistance des grains d'amidon, saturés d'iode, desséchés, aux effets de la température 120
Résistance de l'iodure à l'acide sulfurique; liquéfaction de l'iodure hydraté .. 121
Inertie de l'iode sur l'amidon sec, et décomposition de l'iodure par l'alcool anhydre 122
Couleur de l'iodure affaiblie par transparence 123
Exfoliation à froid de l'amidon teint par l'iode 124
Définition du composé *bleu* d'iode et d'amidon 125
Action remarquable du chlore sur l'amidon 127
Dissolution de la portion moins agrégée dans chaque grain d'amidon 128
Contractilité de l'hydrate d'amidon par la baryte, l'oxyde de plomb et l'hydrate de chaux 129
Extraction directe de l'huile essentielle et de la matière grasse de la fécule des pommes de terre 130
Épuration *complète* de la fécule 131
RÉACTION DES ACIDES SUR L'AMIDON 132
XYLOYDINE, ses applications 133
RÉACTION DE LA DIASTASE SUR L'AMIDON 135
État naturel de la diastase 137
Extraction de la diastase 138
Dissolution et saccharification vérifiées par l'iode 139
Glucose et dextrine, caractères distinctifs 141
Disparitions et réapparitions de la matière amylacée troublée par l'alcool 146
Effets du tanin, effets changés par variations de température 147
Caractères particuliers de l'amidon naissant et dans quelques légumineuses; dissolution diaphane de l'amidon épuré 149
Analyse comparée de la portion résistante de l'amidon 150
Extraction de la dextrine pure 151
Pouvoir de rotation et analyse de la dextrine; composition élémentaire de l'amidon de diverses plantes 152
Analyses comparées des parties résistantes et des parties dissolubles de l'amidon. 154
Analyses de la dextrine obtenues par divers agents 155
Équivalent de la dextrine, déduit des combinaisons avec le protoxyde de plomb et la baryte 157
Amylate bibasique de protoxyde de plomb 165
Vérifications des analyses des amylate et dextrinate de plomb 167
Poids spécifique de l'amidon 168
Poids spécifique de la dextrine 169
Termes d'hydratation de la dextrine 170
Définition de la nature chimique de l'amidon et de la dextrine 172
Inuline, propriétés nouvelles; composition et transformation isomérique 174

Pages.
Isomérie entre l'amidon, la dextrine, l'inuline normale et l'inuline fondue.. 175
Point de vue physiologique 176
Organes dépourvus d'amidon; tissus qui en renferment 177
Développements des fécules amylacées; apparences de tégument 178
Conformation polyédrique des grains d'amidon 180
Rapport entre les cellules et le *hile* des grains de fécule 183
Amidon du pollen des plantes 184
Globba nutans 185
Naïas major et *Ruppia maritima* 186
Dissolution spontanée et passage de la substance amylacée au travers des tissus végétaux 187
Applications des données précédentes; formes et dimensions; termes d'hydratation 188
Produits comparés des différentes pommes de terre en fécule 189
État et proportions de la fécule dans les pommes de terre gelées; causes des coloration, saveur et odeur spéciale des pommes de terre dégelées 190
Moyens d'utiliser les tubercules gelés 195
Essais des sels ammoniacaux, eaux potables, vinaigres et acide acétique, par l'amidon 196
Principales applications des fécules, dextrine et glucose 199
Préparation manufacturière de la dextrine 200
Emploi de la dextrine dans la chirurgie; usages économiques de la glucose 201
Explication des 8 planches, 1re série 204
8 planches de la 1re série 210

TROISIÈME MÉMOIRE.

Cellulose 211
Composition déduite, *a priori*, d'une transformation isomérique de l'amidon en cellules, dans les pousses des tubercules, graines, rhizomes, etc. 212
Historique; composition chimique du tissu végétal; composition générale des plantes; erreurs sur la fungine, lignine, médulline, lichénine 213
Extractions et analyses du tissu végétal naissant 214
Réactifs de la cellulose 216
Cellulose des feuilles 217
Tissu intérieur de l'*Agave Americana* 118
Composition des trachées 219
Cellulose des radicelles de Maïs et des tissus qui résistent à la digestion 220
Tissu du périsperme des Blés, Maïs 221
Tissu du périsperme du Phytelephas 223
Tissu du périsperme du Dattier; coton des graines de Peuplier 225
Membranes végétales extraites d'un nid de guêpes 226

Pages.
Cellulose du cœur de chêne, du bois des conifères..... 227
Cellulose du tissu des Cryptogames, Conferves, Champignons, Characées... 229
Caractères distinctifs entre les cellules végétales et les membranes des animaux. 233
Nature amylacée de quelques tissus végétaux..... 234
Analyse immédiate du tissu du Lichen (cellulose, inuline, amidon)..... 235
Transformation du tissu végétal en dextrine et xyloïdine..... 236 à 239
Composition du *Chara* et des corps doués de mouvements spontanés..... 239
Subtances grasses dans les tissus végétaux..... 240
Compositions des matières grasses, des champignons, du liége..... 241
Composition de la levure de bière et du *Monas Dunalii*..... 242
Tableau des analyses et excès d'hydrogène des végétaux..... 243
Comparaison des parties résistantes des membranes animales et végétales... 244
Tableau synoptique de cette comparaison..... 246
Conclusions..... 247
Explications des figures..... 250

QUATRIÈME MÉMOIRE.

Tissus ligneux..... 253
Excès d'hydrogène dans tous les bois. Tableau : composition et équivalents en combustible de différents bois et tissus ligneux..... 260
État naturel, structure et extraction des concrétions ligneuses rapidement ou lentement formées, des écorces, fruits..... 262
Tableaux de la composition élémentaire des concrétions des poires et de l'écorce d'*Aylanthus glandulosa*..... 267 à 268
Extractions et analyses de la matière organique incrustante..... 269 à 271
Composition immédiate des incrustations ligneuses..... 271
Cinq principes immédiats : cellulose, lignose, lignone, lignin, ligniréose, constituent le ligneux..... 278
Application des données précédentes à la composition immédiate et élémentaire du Hêtre..... 280
Composition immédiate et élémentaire de la tourbe..... 282
Tourbe : tableau des analyses élémentaires..... 285
Production comparée de l'acide acétique par distillation des tissus végétaux.. 286

CINQUIÈME MÉMOIRE.

Concrétions et incrustations minérales..... 287
Plantes dont les feuilles contiennent des concrétions calcaires pédicellées..... 289
Urtica nivea, Parietaria officinalis, lusitanica, arborea; Forskalea tenacissima, Morus nigra, alba, multicaulis; Broussonetia papyrifera; Celtis australis.... 290
Celtis mississipiens, Tournefortii, occidentalis, crenata; Humulus lupulus, Cannabis sativa, Conocephalus naucleiflorus..... 291

Pages.

Examen organographique et chimique des concrétions pédicellées : *Ficus ferruginea, Benghalensis, nymphæifolia, carica, laurifolia, reclinata, Neumani rigida; Ficus scandens, religiosa, montana*..... 292 293
Ficus glaucescens, A, B..... 294
Nature du *tissu* des concrétions calcaires..... 295
Loi générale de la présence des sels calcaires dans les plantes..... 297
Chara vulgaris, translucens..... 298
Incrustations du *Chara hispida*..... 299
OXALATE DE CHAUX dans les feuilles..... 300
Idem Begonia undulata, Citrus Limonia..... 301
Idem Maclura aurantiaca, Juglans regia, nigra, cinerea, Orme, Planera crenata, Saurocea, etc. etc...... 302
CRISTAUX DES CACTÉES : *Cactus opuntia* (*Ficus indica*), *tuna, ferox*..... 303
Microdasys, braziliensis, glaucescens..... 304
Echinocactus sulcatus, Cactus cylindricus..... 305
Cereus cetaceus, nictycalius, grandiflorus..... 306
Cactus peruvianus, obtusus..... 307
Triangularis, ripsalis, cassytha, funalis, salicornioïdes; formation et composition des RAPHIDES..... 308
Arum colocasia, Seguinum..... 310
SÉCRÉTIONS LIQUIDES, *MESEMBRIANTHEMUM CRISTALLINUM*, SOUDE DE TÉNÉRIFFE..... 311
MATIÈRES HUILEUSES DANS LES FEUILLES, *Piper colubrinum*..... 312
ÉTAT DE LA SILICE DANS LES PLANTES..... 313
Silice dans différents Figuiers, *Arum colocasia, Equisetum hyemale*..... 314
Silice dans les Characées ; proportions des MATIÈRES INORGANIQUES DANS LES PLANTES; AMENDEMENTS..... 315
TABLEAU DES MATIÈRES MINÉRALES PUISÉES DANS LES EAUX, LE SOL, LES ENGRAIS, LES AMENDEMENTS, PAR DIFFÉRENTS VÉGÉTAUX..... 318
Matières minérales et organiques ramenées à la superficie du sol..... 320
COMPOSITION DE L'ÉPIDERME ET DE LA CUTICULE ÉPIDERMIQUE..... 322
Feuilles du *Convolvulus Cneorum*..... 323
Analyses de l'épiderme et de la cuticule..... 324
Réactions de l'iode et de l'acide sulfurique sur différents épidermes..... 331
Tableau des analyses d'épidermes, de cuticule et des tissus sous-jacents..... 332

SIXIÈME MÉMOIRE.

FEUILLES DÉCRÉPITANTES..... 337
Feuilles ; *Aucuba japonica, Laurus nobilis*..... 340
Buxus semper virens, Rhamnus alaternus, Ilex albomarginata..... 341
Evonymus Japonicus, Hedera helix, Magnolia grandiflora..... 342

Pages.
PANACHURES DES FEUILLES 343
Agave americana et *Orontium variegatum*. Proportions d'eau dans les parties vertes, blanches 344
Acorus graminifolius 345
Aristotelia macqui, *Symphoricarpus parviflorus*, *Veronica maritima*, *Caladium bicolor*, *hæmatostygma*, *Arundo donax variegata* 346
Dracæna terminalis, *Rubus leuchostachys*, *Phalaris arundinacea picta*, *Colutea arborescens* 347
Arundo donax variegata. Proportions d'eau des parties vertes et blanches 348
FEUILLES AUTOMNALES; modifications qu'elles éprouvent 349
Celtis australis, *Vitis vinifera*, *Pyrus communis*, *sativa*; Ormes; STRUCTURE DES STOMATES 350
Phalaris arundinacea picta, *Pinus pinea* 351
Podocarpus macrophyllus, Dahlia 352
FORMATION ET DÉVELOPPEMENT DES STOMATES, Jacinthe 353
Réactions de l'iode et de l'acide sulfurique sur la cuticule épidermique, le tissu des stomates et les cellules sous-jacentes 355

SEPTIÈME MÉMOIRE.

COMPOSÉS À BASES MINÉRALES DANS LES PAROIS DES CELLULES ET LES MÉATS INTERCELLULAIRES 357
Feuilles, tiges, pétales 358
Cereus peruvianus 360
Pectine et acide pectique, extraits à froid des tissus de *Cactus* et de Betteraves; Composition chimique des Betteraves 362
Cristaux des *Pandanus* 365
NATURE VÉGÉTALE DES CORALLINÉES, CONCRÉTIONS MINÉRALES ET SÉCRÉTION AMYLACÉE DANS LEUR ORGANISME 366
Corallina officinalis, *Halymeda opuntia* 367
Composition chimique des Corallinées 368
Propriétés distinctives entre les membranes épidermiques et cellulaires des végétaux et les tissus tégumentaires des Insectes et des Crustacés 370
Téguments d'Insectes et de Crustacés; analysés comparativement avec l'épiderme et la cuticule des végétaux 375
Acétates et protoxyde de plomb; propriétés nouvelles et applications à l'analyse organique 376
Protoxyde de plomb hydraté et anhydre cristallisé par voie humide 383
Complément de l'analyse élémentaire et immédiate des Choux-fleurs 389
Gluten pur: extraction, composition élémentaire 391
Supplément aux analyses des séves sous le rapport de l'azote 392
Sève du *Virgilia* obtenue par écoulement 393
Sève du *Virgilia* obtenue par déplacement 395

Pages.
Lait de la noix de Coco, sucre des fruits du *Cactus opuntia*..... 396
Composition immédiate des fruits du Maïs..... 397
Applications économiques des fruits du Maïs..... 399
Analyses des amandes d'*Arachys-hypogea* et des Batates, nature de leur sucre. 400
Composition des fruits du melon, nature de leur sucre; addition aux expériences sur les feuilles décrépitantes..... 401
Supplément aux analyses des tourbes..... 403
Terres végétales : substances organiques et inorganiques puisées par les plantes dans le sol..... 404
Terres de Marville, de la Limagne, de Russie, des boulbènes..... 405
Estimation de l'état de fumure à l'expiration des baux..... 407
Analyse des parties solubles des terres..... 408
Matières inorganiques puisées dans le sol et fixées dans les tissus végétaux.. 409
Analyses comparées des *parties solubles* et des *matières fixées dans les plantes*.... 411
Applications..... 413
Lois générales de la composition des plantes..... 433
Description des planches..... 442
Répertoire des faits principaux..... 455
Planches de la 2e série..... 250 et 464

FIN.

Dernières publications sur la Chimie, la Botanique et la Physique

se

FORTIN, MASSON ET C^ie^, A PARIS ET A LEIPZIG.

J. DUMAS.

ESSAI DE STATIQUE CHIMIQUE des êtres organisés, par J. Dumas et Boussingault ; leçon professée à l'École de Médecine, par M. Dumas, pour la clôture de son cours de 1841 ; troisième édition, augmentée de documents nouveaux. Paris, 1844, in-8. . . . . 3 fr.

GERHARDT.

PRÉCIS DE CHIMIE ORGA[illegible] . . . . . 8 fr.

A. DE JUSSIEU.

COURS ÉLÉMEN[illegible]E DE BOTANIQUE, par A. de Jussieu, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle, etc. Paris, 1 fort vol. in-12, imprimé [illegible], plus de 750 figures intercalées dans le texte. Ouvrage adopté par le Conseil royal de l'instruction publique pour l'enseignement de l'histoire naturelle dans les établissements de l'Université. . . . . 6 fr.

Ce volume fait partie du Cours élémentaire d'histoire naturelle, par MM. Edwards, Beudant, de Jussieu. 3 vol.

E. LE MAOUT.

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES DE BOTANIQUE fondées sur l'analyse de 50 plantes vulgaires, et formant un traité complet d'organographie et de physiologie végétale, par Emmanuel Le Maout, docteur en médecine. Paris, 1843. 1 magnifique vol. in-8, avec l'atlas des 50 plantes vulgaires et plus de 500 figures dessinées par J. Decaisne et gravées par les meilleurs artistes.

Prix avec l'atlas colorié. . . . . 25 fr.

— noir . . . . . 15 fr.

J. LIEBIG.

CHIMIE APPLIQUÉE À LA PHYSIOLOGIE VÉGÉT[illegible] ET À L'AGRICULTURE, par J. Liebig, seconde édition, considérablement augmentée ; traduction faite par [illegible] Gerhardt sur la quatrième édition de l'édition allemande et revue par l'auteur. Paris, 1844, 1 beau vol. in-8. . . . . 7 fr. 50

C. MA[illegible]CCI.

TRAITÉ DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRO-PHYSIOLOGIQUES des animaux, suivi d'études anatomiques sur le système nerveux et sur l'organe électrique de la Torpille, par M. Paul Savi. Paris, 1843, 1 vol. in-8 avec 6 planches in-4. . . 8 fr.

ORFILA.

ÉLÉMENTS DE CHIMIE MÉDICALE, septième édition entièrement refondue. Paris, 1843, 2 vol. in-8 avec 10 planches. . . . . 16 fr.

TOXICOLOGIE GÉNÉRALE, quatrième édition entièrement refondue. Paris, 1843, 2 vol. in-8 et 1 planche. . . . . 16 fr.

Paris. — Imprimerie de Bourgogne et Martinet, rue Jacob, 30.